

明 細 書

光学素子の封止構造体および光結合器ならびに光学素子の封止方法
技術分野

[0001] 本発明は、光学素子が封止される光学素子の封止構造体に関する。たとえば光ファイバを伝送媒体として光信号を送受信する光通信リンクなどに用いられる光結合器の封止構造体に関する。

背景技術

[0002] 機器間、家庭内および自動車内での光通信を行うために、光結合器が用いられる。光結合器は、光学素子と、光ファイバとを光学的に結合させる装置である。たとえば光学素子は、発光ダイオード(LED、Light Emitting Diode)またはフォトダイオード(PD、Photo Diode)などである。光結合器は、光学素子がモールド樹脂によって封止される封止構造体を有する。

図15は、第1の従来技術の封止構造体1を示す断面図である。特開2000-173947号公報の図3には、第1の従来技術の封止構造体1が開示される。この封止構造体1は、リードフレーム3に光学素子2が搭載され、その光学素子2が透明な封止樹脂4で覆われる。封止樹脂4には、光学素子2の光学面5に対向する位置にレンズ部分6が形成される。

光学素子2が発光素子である場合、光学面5から出射した光は、封止樹脂4を透過する。そしてその光は、封止樹脂4のレンズ部分6によって集光されて光ファイバ7に入射する。また光学素子2が受光素子である場合、光ファイバ7から出射した光は、封止樹脂4に入射する。この光は、封止樹脂4のレンズ部分6によって集光されて、封止樹脂4を透過し、光学面5に入射する。このようにして光ファイバ7と光学素子2とが光伝達可能な状態、いわゆる光学的に結合される。

図16は、第2の従来技術の封止構造体10を示す断面図である。特開2000-173947号公報の図1には、第2の従来技術の封止構造体10が開示される。この封止構造体10は、光学素子2が、フィラーを含有する封止樹脂、すなわちフィラー含有封止樹脂8によって覆われる。フィラー含有封止樹脂8は、光学素子2に入出射する光の

光路領域を除いた光路外領域に形成される。また光路領域には、透光性を有するレンズ体9が設けられる。レンズ体9は、透明樹脂またはガラスによって実現される。なお、光学面5は、光学素子2のうちリードフレーム30とは反対側に形成される。光学面5と光ファイバ7との間に形成される光路を進む光は、フィラー含有樹脂8に遮られることなく、レンズ体9を透過する。

また特開昭59-167037号公報の図2(f)には、第3の従来技術の封止構造体として、第2の従来技術の封止構造体10のレンズ体9に換えて、入射面と出射面とが平坦な光透過板が用いられる技術が開示される。この光透過板は、無機質材料または有機質材料から成る。

また特開昭61-51853号公報の図2には、第4の従来技術の封止構造体として、第2の従来技術の封止構造体10のレンズ体9に換えて、入射面と出射面とが平坦に成形される光透過性樹脂が用いられる技術が開示される。この光透過性樹脂は、熱膨張係数を調整するための無機質充填材、いわゆるフィラーが含有される。

第1の従来技術では、光が封止樹脂4を透過する。封止樹脂4は、フィラーが含有されることで、光学素子2の耐環境性を向上させることができる。しかしながら封止樹脂4は、フィラーの含有量が増えるとともにその光透過率が低下する。光透過率が低下すると、光ファイバ7と光学素子2との間で光伝達量が低下してしまう。したがって第1の従来技術では、封止樹脂4にフィラーを含有できないか少量のフィラーしか含有させることができない。これによって封止構造体1は、光学素子2の耐環境性の向上と光伝達率の向上との両方を満たすことができないという問題がある。このような問題は、第4の従来技術でも同様に生じる。

第2の従来技術では、レンズ体9をガラスによって実現した場合、モールド成形でレンズ体を形成することができず、光結合器を安価に製造することができないという問題がある。

また、CCD(Charge Coupled Device)イメージセンサのように、数mm〜数10mm角となる比較的サイズが大きい光学素子2を用いる場合は光学面5にガラスレンズ9を配置することが可能である。しかしながら、LEDのように、数百 μ m角となるサイズが小さい光学素子2を用いると、光学面5が非常に小さいのでガラスレンズ9も非常に

小さいものを使用する必要がある。

この場合、光学的に効果が得られるレンズの設計が困難であること、微小なガラスレンズ9の作製が困難であること、光学面5とガラスレンズ9との接合および位置合せが困難であることという3つの問題がある。また、光学素子2の光学面5より大きいガラスレンズ9を用いた場合、光学面5の近傍にガラスレンズ9が接合されるため、光学面5の近傍に形成される電極とリードフレーム30とのワイヤーボンディングが困難となるという問題がある。このような問題は、第3の従来技術であっても同様に生じる。

また、レンズ体9を樹脂によって実現した場合、LED等のサイズが小さい光学素子2を用いる場合にはその光学面5が小さいので、レンズ体9をガラスによって実現した場合と同様の理由によって対応が困難である。さらに樹脂レンズ9を用いる場合には、レンズの耐熱性の問題から、フィラー含有封止樹脂8による封止を行った後に樹脂レンズ9を光学素子2の光学面5に接合する必要がある。

図17は、光学素子2が搭載されたリードフレーム3を金型に装着した状態を示す。樹脂レンズ9を用いる場合には、フィラー含有封止樹脂8のモールド成形にあたって、光学素子2の光学面5にフィラー含有封止樹脂8が回り込まないようにする必要がある。このために、リードフレーム3の反りなどを考慮して、成形用金型11の対向部分12によって、光学素子2の光学面5を加圧する必要がある。

光学面5が加圧されると、光学面5の一部が欠けたり、光学素子2の光学特性に悪影響を与えたりするおそれがある。また、光学面5の近傍に配置されるワイヤ13に対向部分12が接触するおそれがある。これを防ぐためには、高精度の金型管理とリードフレーム3の変形防止との両方を達成する必要があるが、容易に行うことはできない。特にLEDのようにサイズが小さい光学素子では、ワイヤ13を保護しつつ光学面5にフィラー含有封止樹脂8が回り込まないようにすることは、非常に困難である。

発明の開示

[0003] したがって本発明の目的は、耐環境性に優れるとともに、小型化が可能な光学素子の封止構造体を提供することである。

本発明は、予め定める光路に沿って進む光が貫通する透光部を有する搭載体と、受光または発光する光学面が透光部に臨み、透光部の軸線方向一端部を塞いで

搭載体に搭載される光学素子と、

光路を除く領域に形成され、搭載体に搭載される光学素子を封止する封止体とを含むことを特徴とする光学素子の封止構造体である。

本発明に従えば、光学面が発光面である場合、光学面から出射した光は、透光部を貫通して搭載体から出射する。また光学面が受光面である場合、搭載体の外方から搭載体に向かって進む光は、透光部を貫通して光学素子の光学面に入射する。封止体は、光路を除く領域に形成されることによって光の進行を遮ることがない。したがって封止体は、透光性を有する必要がない。これによって有色の封止体を用いても、透光部を通過する光の光量が低下することがなく、封止体の選択肢を広げることができる。

また光学面は、光学素子の発熱源となる。本発明では光学面は、搭載体に対向して配置されるので、光学面で生じた熱が搭載体に伝達しやすく、光学素子の放熱性を向上することができる。また光学素子のうち光学面および光学面の近傍部分は、搭載体に接触している。したがって光学素子のうち光学面および光学面の近傍部分を、封止体で封止させる必要がない。したがって光学素子が小型である場合であっても、容易に製造することができる。

たとえば、封止体としてモールド樹脂を用いることで、モールド成形によって封止構造体を製造することができる。この場合、光学素子によって搭載体の透光部の軸線方向一端部を塞いだ状態で、光学素子を搭載体に搭載する。次に、光学素子のうち搭載体に対向する表面部以外の残余の部分を、モールド樹脂によって覆って成形加工を行う。このようにして封止構造体を製造することができる。

また本発明は、封止体には、光学素子の耐環境性を向上する物質が添加されることを特徴とする。

本発明に従えば、封止体は、有色であっても、光伝達率が低下することがない。したがって封止体に、光学素子の耐環境性を向上するための有色の添加剤が添加されても、光の伝達率が低下することがなく、耐環境性を向上することができる。

たとえば耐環境性として、耐熱衝撃性および放熱性以外に、耐湿性、耐熱性、耐寒性、高温での安定動作性、低温状態での安定動作性、樹脂強度向上性が挙げられ

る。これらは、封止体がモールド樹脂である場合、フィラーと称される充填剤を封止体に含有することによって実現される。さらに金型離型性、難燃性および着色性を得るための材料が封止体に含有されてもよい。

また本発明は、光学素子に電氣的に接続される接続体と、
光学素子と接続体とを電氣的に接続するワイヤとをさらに含み、
前記封止体の線膨張係数は、ワイヤまたは光学素子の線膨張係数とほぼ同等に設定されることを特徴とする。

本発明に従えば、封止体がワイヤまたは光学素子の線膨張係数とほぼ同等に設定されることによって、温度変化に起因して、光学素子またはワイヤに生じる応力を低減させることができ、光学素子またはワイヤの損傷を防止することができる。また線膨張係数を変化させるために、封止体に有色の充填剤を添加しても、透光部を通過する光が減衰しないので、透光部を通過する光の伝達率が低下することがない。

また本発明は、前記封止体は、光学素子に関して搭載体と反対側の領域に形成されることを特徴とする。

本発明に従えば、封止体をモールド成形によって形成する場合、搭載体のうち、光学素子に対して反対側の表面部全面を金型の内面に接触させた状態で、金型内にモールド樹脂を注入して、モールド樹脂によって光学素子を覆って、封止構造体を製造することができる。

また本発明は、前記封止体よりも光透過率の高い透過体をさらに含み、透過体は、透光部の軸線方向他端部を塞ぐことを特徴とする。

本発明に従えば、透過体によって透光部の軸線方向他端部を塞ぐことによって、光学面が露出することを防ぐことができる。また透過体は、光透過率が高いので、透光部を通過する光の伝達率の低下を抑えることができる。

また本発明は、前記封止体および透過体は、モールド樹脂からそれぞれ成り、トランスファ成形によって形成されることを特徴とする。

本発明に従えば、モールド樹脂を用いて封止体および透過体を形成することによって、封止構造体を安価にかつ容易に形成することができる。特にトランスファ成形を行うことによって、封止構造体の大量生産が可能となり、より安価に封止構造体を製

造することができる。

また本発明は、前記透過体が搭載体に接触する第1接触面積は、透過体が封止体に接触する第2接触面積よりも大きいことを特徴とする。

本発明に従えば、封止体をモールド成形によって形成する場合、封止体の表面には、離型剤がしみ出た状態となる。したがって透過体は、封止体と接触している部分は密着性が低い。本発明では、第1接触面積が第2接触面積よりも大きく形成されることで、透過体の密着性を向上することができる。これによって透過体のはく離を防止することができる。

また本発明は、前記透過体は、外周部の少なくとも一部が搭載体に接触することを特徴とする。

本発明に従えば、封止体をモールド成形によって形成する場合、封止体の表面には、離型剤がしみ出た状態となる。したがって透過体は、封止体と接触している部分は密着性が低い。本発明では、外力が与えられた場合または熱変化などが生じた場合には、透過体に応力が生じる。この応力は、透過体の外周部で大きくなる。本発明に従えば、外周部の少なくとも一部が搭載体に接触することによって、応力が生じた場合に、透過体のはく離を防止することができる。

また本発明は、前記透過体は、封止体と搭載体とを覆うこと特徴とする。

本発明に従えば、透過体によって、封止体および搭載体を覆うことによって、透過体のはく離を確実に防止することができる。

また本発明は、前記透過体は、搭載体または封止体に対して、接着剤によって接着されることを特徴とする。

本発明に従えば、トランスファ成形によって透過体を形成する場合に比べて、透過体を小型化することができる。

また本発明は、前記接着剤は、透光性を有するとともに空気より高い屈折率を有し、光学素子の光学面と透過体との間に充填されることを特徴とする。

本発明に従えば、空気より高い屈折率を有する接着剤で光学素子の光学面を覆うことによって、光学素子としてLEDを用いた場合、外部量子効率を向上させることが可能となる。

また本発明は、前記透過体および搭載体の少なくともいずれか一方には、透過体と搭載体とを位置合せするための位置決め部が形成されることを特徴とする。

本発明に従えば、位置決め部を用いて透過体と搭載体とを直接位置決めすることによって、光学素子の光学面と透過体とを容易に高精度で位置合せすることが可能となる。

また本発明は、透光部は、光路に沿って搭載体を貫通する貫通孔が形成され、透過体は、貫通孔に嵌合する位置合せ部が形成され、位置合せ部は、貫通孔に嵌合した状態で、光学素子の受光面に向かうにつれて外径が小さくなるテーパ形状を有することを特徴とする。

本発明に従えば、透過体の位置合せ部を搭載体の貫通孔に嵌合させることによって透過体の搭載体への位置合せを容易に行うことができる。また搭載体の貫通孔に充填した接着剤を押しつけるようにして組立てることによって、透過体と搭載体との間に接着剤を均一に配置することができる。また接着剤に気泡が入らないようにすることができる。

また本発明は、透過体が搭載体または封止体に接着する接着面積は、封止体が搭載体と接触する側の表面積よりも小さいことを特徴とする。

本発明に従えば、搭載体のうち透過体が接着される側の表面に、封止構造体を覆う雰囲気中に露出する露出面を形成することができ、封止構造体の放熱特性を改善することができる。

また本発明は、前記透過体は、レンズ形状に形成されるレンズ部分が光路上に形成されることを特徴とする。

本発明に従えば、光学面が光を発光する場合、レンズ部分によって封止構造体から出射する光の拡散を抑えることができる。また光学面が光を受光する場合、レンズ部分によって光を集光して、光学面に入射する光の光量を増やすことができる。これによって簡単な構成でかつ小型の光学系によって、光利用効率を向上することができる。

また本発明は、前記搭載体は、リードフレームと、サブマウントとを含み、光学素子は、サブマウントを介してリードフレームに搭載されることを特徴とする。

本発明に従えば、サブマウントを介することによって、直接リードフレームに光学素子を搭載した場合に生じる不具合を解消することができる。たとえば、リードフレームと光学素子との線膨張係数の差が大きい場合に、サブマウントの線膨張係数を光学素子に近づけることによって、温度変化に起因して生じる光学素子の応力を低減することができる。またリードフレームに比べて寸法精度を向上することができる。

また本発明は、前記搭載体の透光部は、光学素子の光学面に向かうにつれて光路を絞る集光部分が形成されることを特徴する。

本発明に従えば、光学面が光を発光する場合、集光部分によって封止構造体から出射する光の拡散を抑えることができる。また光学面が光を受光する場合、集光部分によって光を集光して、光学面に入射する光の光量を増やすことができる。これによって簡単な構成でかつ小型の光学系によって、光利用効率を向上することができる。

また本発明は、前記透光部は、光路に沿って延びる開口を形成し、光学面から遠ざかるにつれて内周径が拡張して形成され、その内周面が高い光反射率を有することを特徴とする。

本発明に従えば、搭載体に入射する光の光径が光学面よりも大きい場合、光学面に入射する光は、内周面で光が反射することによって、光学面に入射する光の光量を増やすことができる。また光学面から出射する光の拡散する角度が大きい場合、搭載体から出射する光は、内周面で光が反射することによって、搭載体から拡散する光の角度を小さくすることができる。

また本発明は、前記搭載体に封止構造体を覆う雰囲気中に露出する露出面が形成されることを特徴とする。

本発明に従えば、前記搭載体に透過体には覆われていない露出面を形成することによって、透過体の熱伝導性が低い場合であっても、搭載体の露出面から熱を放熱することができ、封止構造体の放熱特性を改善することができる。

また本発明は、前記光学素子は、発光ダイオード、半導体レーザおよびフォトダイオードのうちのいずれか1つであることを特徴とする。

本発明に従えば、光学素子が発光ダイオード、半導体レーザおよびフォトダイオードのうちのいずれかのような小型素子である場合であっても、光学素子を搭載体に搭

載した状態で、光学素子を封止体によって封止することができる。

また本発明は、前記光学素子の封止構造体を有し、光伝達媒体と光的に結合可能な光結合器である。

本発明に従えば、上述した封止構造体を光結合器が備えることによって、耐環境性に優れるとともに、小型化が可能な光結合器を形成することができる。

また本発明は、受光または発光する光学面を有する光学素子を、搭載体に搭載し、搭載体に搭載される光学素子をモールド樹脂によって封止する光学素子の封止方法であって、

搭載体に、予め定める光路に沿って進む光が貫通する透光部を形成する透光部形成工程と、

光学面を透光部に臨ませ、光学素子によって透光部の軸線方向一端部を塞いだ状態で、光学素子を搭載体に搭載する光学素子搭載工程と、

光学素子が搭載される搭載体を金型に装着し、金型によって透光部の軸線方向他端部を塞いだ状態で、光学素子の耐環境性を向上する充填材を添加した封止用モールド樹脂を金型内に注入する封止用モールド樹脂成形工程を有することを特徴とする光学素子の封止方法である。

本発明に従えば、透光部形成工程によって透光部を形成した後、透光部の軸線方向一端部を光学素子によって塞いだ状態で、搭載体に光学素子を搭載する。次に、封止用モールド樹脂を金型内に注入して封止体を形成する。これによって封止用モールド樹脂が光学面およびその近傍に進入することを防ぐことができる。また封止用モールド樹脂は光路から除いた領域に形成することによって、耐環境性を向上するための添加材を含有した有色の封止用モールド樹脂によって光学素子を封止しても、光伝達率の低下を防ぐことができる。

また封止体によって光学素子を封止する場合、搭載体に搭載した光学素子の周囲を覆うように封止用モールド樹脂を注入するだけでよく、金型を光学素子の光学面に接触させる必要がない。これによって金型を高精度に管理する必要がない。また光学素子が損傷することを防ぐことができる。これによって光学素子が小型であっても、封止体によって光学素子を容易に封止することができる。

図面の簡単な説明

[0004] 本発明の目的、特色、および利点は、下記の詳細な説明と図面とからより明確になるであろう。

図1は、本発明の実施の第1形態である封止構造体20を示す断面図である。

図2は、封止構造体20を備える光結合器21を示す断面図である。

図3は、封止構造体20の製造手順を示すフローチャートである。

図4A～図4Cは、封止構造体20の製造手順を示す図である。

図5は、封止体成形後の状態を示す平面図である。

図6は、本発明の実施の第2形態である封止構造体120を示す断面図である。

図7は、封止構造体120を備える光結合器121を示す断面図である。

図8は、本発明の実施の第3形態である封止構造体220を示す断面図である。

図9は、本発明の実施の第4形態である封止構造体320を示す断面図である。

図10は、本発明の実施の第5形態である封止構造体420を示す断面図である。

図11は、本発明の実施の第6形態である封止構造体520を示す断面図である。

図12は、封止構造体520を示す平面図である。

図13は、第6実施形態の封止構造体520の製造手順を示すフローチャートである。

。

図14は、封止構造体520の製造手順を説明するための断面図である。

図15は、第1の従来技術の封止構造体1を示す断面図である。

図16は、第2の従来技術の封止構造体10を示す断面図である。

図17は、光学素子2が搭載されたリードフレーム3を金型に装着した状態を示す。

発明を実施するための最良の形態

[0005] 以下図面を参考にして本発明の好適な実施例を詳細に説明する。

図1は、本発明の実施の第1形態である封止構造体20を示す断面図であり、図2は、封止構造体20を備える光結合器21を示す断面図である。光結合器21は、光通信を行うために、光学素子22と光ファイバ23とを光伝達可能に接続する、いわゆる光学的に結合させる装置である。光学素子22は、光学機能を有する半導体であって、たとえば発光ダイオード(LED、Light Emitting Diode)などの発光素子およびフォト

ダイオード (PD、Photo Diode) などの受光素子である。

光ファイバ23は、可撓性を有して長尺状に形成されるケーブルである。光ファイバ23は、一端部から他端部に向けて光を伝達する光伝達媒体となる。すなわち光ファイバ23の一端部から入射した光は、光ファイバ23内を通過し、光ファイバ23の他端部から出射する。光ファイバ23の一端部の外周部分24は、プラグ25によって覆われる。プラグ25は、光結合器21に結合するための結合部となる。

光結合器21は、プラグ25が着脱自在に嵌合するコネクタ部26が形成される。プラグ25がコネクタ部26に嵌合した状態では、光ファイバ23の一端面27が光学素子22と対向した位置に配置される。すなわちコネクタ部26にプラグ25が接続されると、光ファイバ23は、光学素子22に対して位置合せされた状態となる。

光結合器21は、光学素子22を封止体29によって封止した封止構造体20を有する。封止構造体20は、光学素子22を保護する。封止構造体20とコネクタ部26とは、一体に固定される。コネクタ部26に光ファイバ23を嵌合することで、光ファイバ23と光学素子22との位置ずれを防ぐことができる。また光ファイバ23と光学素子22との位置合せを容易に行うことができる。

図1に示すように、封止構造体20は、光学素子22と、リードフレーム30と、封止体29と、透過体31と、ドライバ回路32と、ワイヤ33a, 33bとを含んで構成される。リードフレーム30は、光学素子搭載部34と、内部接続部35a, 35bと、外部接続部36a, 36bとを含む。光学素子搭載部34は、いわゆるダイパッドであってもよい。また内部接続部35a, 35bは、いわゆるインナーリードであってもよい。また外部接続部36a, 36bは、いわゆるアウターリードであってもよい。このようなリードフレーム30は、板状に形成される。以後、リードフレーム30の厚み方向を単に厚み方向Aと称する。なお、本実施の形態では、リードフレーム30の光学素子搭載部34は、厚み方向一方A1側の表面部に光学素子22を搭載する搭載体となる。

光学素子22の電極端子と光学素子搭載部34の電極端子とは、電氣的に導通した状態で接着される。光学素子搭載部34の電極端子は、第1ワイヤ33aによって、対応する内部接続部35aに電氣的に接続される。第1ワイヤ33aによって接続される内部接続部35aは、対応する外部接続部36aに連なり、封止構造体20の外方に露出

する。これによって封止構造体20の外部の装置から外部接続部36aを介して光学素子22に電気信号を与えることができる。また光学素子22から外部接続部36aを介して封止構造体20の外部の装置に電気信号を与えることができる。なお、光学素子22の電極端子と内部接続部35aとが、第1ワイヤ33aによって電氣的に直接接続されてもよい。

ドライバ回路32の電極端子と他の内部接続部35bは、電氣的に導通した状態で接着される。ドライバ回路32の電極端子は、第2ワイヤ33bによって、光学素子22の他の電極端子と電氣的に接続される。これによってドライバ回路32は、光学素子22に電気信号を与えることができ、光学素子22の駆動および制御を行うことができる。ドライバ回路32は、他の内部接続部35bに連なる外部接続部36bを介して、外部の装置と電氣的に接続されてもよい。

光学素子搭載部34は、厚み方向Aに貫通する開口37を形成する透光部38を有する。光ファイバ23と光学素子22とにわたって進行する光は、予め定める光路80に沿って進む。この光は、透光部38の開口37を通過する。光学素子22は、透光部38のうち軸線方向一端部48を塞ぎ、光学素子搭載部34の厚み方向一方A1側の表面部39に接着される。なお、透光部38の軸線方向一端部48は、透光部38の厚み方向一方A1側端部となる。

光学素子22は、光学面41を有する。光学素子22が発光素子、たとえばLEDである場合、光学面41は、発光面となる。また光学素子22が受光素子、たとえばPDである場合、光学面41は、受光面となる。光学面41は、厚み方向一方A1側から透光部38に臨み、光路80の延長線上に配置される。このように光学素子22は、光学面41がリードフレーム30の光学素子搭載部34に対向するように配置される。このような光学素子22とリードフレーム30との配置状態を、フェースダウン配置という場合がある。

封止体29は、光学素子22およびドライバ回路32に関して、リードフレーム30の反対側から、光学素子22およびドライバ回路32を覆う。したがって封止体29は、光学素子22の厚み方向一方A1側部分を塞ぎ、封止体29のうち厚み方向他方側A2で光学素子22を覆う。

封止体29は、少なくとも、光路80を除く領域に形成される。封止体29は、封止構

造体20の耐環境性を向上する添加剤が含有される。具体的には、封止体29は、フィラーが添加される封止用モールド樹脂から成る。封止体29は、フィラーが添加されることによって、線膨張係数や熱伝達率が設定可能である。

封止体29の線膨張係数を、被搭載体である光学素子22、ワイヤ33a、33bおよびドライバ回路32の線膨張係数に近づけることによって、被搭載体22、32、33a、33bの耐熱衝撃性を向上することができる。なお、それぞれの被搭載体22、32、33a、33bの線膨張係数が異なっている場合には、それらの被搭載体22、32、33a、33bの損傷が最も少なくなるように、封止体29の線膨張係数が最適に設定される。たとえば封止体29の線膨張係数は、ワイヤ33a、33bまたは光学素子22の線膨張係数とほぼ同等に設定される。ほぼ同等とは、一致する場合も含む。これによって被搭載体22、32、33a、33bの損傷を小さくすることができる。また封止体29の熱伝達率を大きく設定することによって、被搭載体22、32、33a、33bの放熱性を向上することができる。

透過体31は、リードフレーム30の厚み方向他方A2の表面部47を覆う。透過体31は、少なくとも透光部38の軸線方向他端部49を塞ぐ。透過体31は、高い光透過率を有し、少なくとも封止体29よりも高い光透過率を有する。また透過体31には、レンズ形状に形成されるレンズ部分42が光路80上に形成される。レンズ部分42は、光路80の中心に向かうにつれて厚み方向寸法が増加し、いわゆる凸レンズとして形成される。

光学素子22が受光素子の場合、レンズ部分42は、光ファイバ23の一端面27から出射した光を受光素子22の受光面41で集光するように、屈折率および焦点距離が決定されることが好ましい。同様に光学素子22が発光素子の場合、レンズ部分42は、発光素子22の発光面42から出射した光の拡散を抑えて、光ファイバ23の一端面27に入射する光の光量が大きくなるように、屈折率および焦点距離が決定されることが好ましい。

このような封止構造体20を備える光結合器21は、光結合器21の外部の装置である制御装置と電氣的に接続される。制御装置と光結合器21とは、互いに電気信号を送受信する。

光学素子22が、発光素子である場合、制御装置は、発光指令を電気信号として、リードフレーム30の外部接続部36bを介して、ドライブ回路32に与える。ドライブ回路32は、与えられる電気信号に従って、発光素子22の発光面41を発光させる。

発光面41から出射した光は、厚み方向他方A2に進む。その光は、透光部38の開口37を通過するとともに透過体31を透過する。そして光は、透過体31のレンズ部分42によって集光されて、光ファイバ23の一端面27に入射する。光ファイバ23の一端面27に入射した光は、ファイバ内を進行する。

このようにして光結合器21は、発光素子22と光ファイバ23とを光伝達可能に結合し、制御装置から与えられる電気信号を光信号として光ファイバ23に与えることができる。

また、光学素子22が、受光素子である場合、ファイバ内を進行する光は、光ファイバ23の一端面27から出射する。その光は、透過体31のレンズ部分42に入射し、レンズ部分42によって集光される。その光は、透過体31を厚み方向一方A1に進む。そして光は、透光部38の開口37を通過し、受光素子22の受光面41に入射する。

受光素子22は、受光面41に光が入射すると、入射する光に応じた電気信号を生成し、生成した電気信号をドライブ回路32または制御装置に与える。このようにして光結合器21は、受光素子22と光ファイバ23とを光伝達可能に結合し、受光素子22に与えられる光信号を電気信号として制御装置に与えることができる。

なお、透光部38は、光学面41から遠ざかるにつれて内周径が拡径して形成され、その内周面45が高い光反射率を有することが好ましい。言換えると、軸線方向一端部48が軸線方向他端部49に比べて小径となるテーパ形状に形成されることが好ましい。すなわち透光部38の内周面45は、円錐台形状の立体の外周面に沿った形状となる。

光学素子22として発光素子を使用する場合、発光面41から放射される光の放射角が広い場合には、その光は透光部38の内周面45で反射された後、レンズ部分42によって屈折されて光ファイバ23に入射する。したがって光学素子22として放射角度の広いLED等を用いた場合でも、光学素子22から出射される光を高効率で光ファイバ23に入射させることができる。また、光学素子22として受光素子を使用する場

合でも、透過体31に入射する光を透光部38の内周面45で反射させることで集光効果を得ることができる。

透光部38はエッチングまたはプレス加工などによって、リードフレーム30のパターニング加工と同時に形成することができる。したがって透光部38の内周面をテーパ形状にするために新たな加工工程を必要としない。これによって製造コストを増大させることなく集光効果の高い封止構造体20を製造することができる。

このように封止体29は、光路80を除いた領域に配置される。光路80は、上述したように、光学素子22と光ファイバ23とにわたって光が進む領域である。これによって封止体29が有色であっても、透光部38の開口37を通過する光の光量が低下することがなく、封止体29として選択可能な材料の選択肢を広げることができる。これによって封止体29に光学素子22の耐環境性を向上するための有色の添加材を添加しても、光の伝達率が低下することがなく、耐環境性を向上することができる。

たとえば封止体がエポキシ樹脂である場合、耐熱衝撃性および放熱性を向上するために、フィラーが添加される。フィラーは、たとえば熔融シリカまたは結晶シリカなどである。また、その他の耐環境性として、耐湿性、耐熱性、耐寒性、高温での安定動作性、低温状態での安定動作性、樹脂強度向上性、難燃性および着色性が挙げられる。その他の耐環境性を向上する物質として、窒化アルミニウム、アルミナ、窒化ボロン、酸化亜鉛および炭化ケイ素などが挙げられ、これらの物質のうちいずれかが添加されてもよい。このような耐環境性を向上する物質が封止体に添加されることによって、光伝達率を低下することなく、封止構造体20の耐環境性を向上することができる。

また光学素子22は、光学素子搭載部34にフェースダウン配置状態で配置される。これによって光学面41で生じた熱が、光学素子搭載部34に伝達しやすく、光学素子22の放熱性を改善することができる。これによって光学素子22の動作時の温度を低減することができるので、高温環境下においても光学素子22を安定して動作させることができる。また、光学素子22の熱膨張を抑えて、光学素子22に生じる応力を低減することができ、光学素子22の損傷を低減することができる。

たとえば光学素子22としてLEDを使用する場合、LEDの表層の活性層となる光学

面41で発熱する。光学素子22は熱抵抗が大きい。したがって従来のフェースアップ配置、すなわち光学面41と反対側の面をリードフレーム30に接着する配置状態では、光学面41から光学素子搭載部34への熱伝達率が低く、放熱特性が悪い。

これに対して本発明では、フェースダウン配置で光学素子22をリードフレーム30に接着することによって、光学素子22の内部を伝達せずに光学面41からリードフレーム30に熱が直接伝わる。これによって光学素子22の放熱特性を改善することができる。特に光学素子22が砒化ガリウム(GaAs)である場合は熱抵抗が大きいので、光学素子22の放熱性を大きく改善することができる。

また、フェースダウン配置状態では、光学素子22の厚み方向他方A2側の表面部46は、リードフレーム30に接触している。したがって光学面41の近傍部分を、封止体29で封止する必要がない。これによって光学素子22が小型である場合であっても、光学面41の近傍部分に封止体29を配置する必要がなく、封止構造体20を容易に製造することができる。

光学素子22と光学素子搭載部34とが電氣的に接続される場合、光学素子22と光学素子搭載部34との接合には、導電性を有する接着材料によって、光学素子搭載部34に光学素子22を接着することが好ましい。これによって光学素子搭載部34に対する光学素子22の接着と電氣的接続とを1つの動作で行うことができる。

また、導電性の高い接着剤のなかでも、熱伝導性の高い材料や薄膜の材料を用いることで、熱的なコンタクトが十分得られる。さらに接着剤は、リードフレーム30と光学素子22との線膨張係数の差を吸収できるようなものがより好ましい。たとえば接着材料は、銀ペーストまたはハンダペーストによって実現することができる。また金共晶接合によって光学素子搭載部34に光学素子22を接着してもよい。

また、透光部38の軸線方向他端部49を透過体31で覆うことによって、光学面41が露出することを防ぐことができる。これによって水分や不純物が光学面41に付着することを防ぐことができ、封止構造体20の耐湿性を向上することができる。また透過体31にレンズ部分42が形成されることによって、簡単な構成でかつ小型の光学系によって、光利用効率を向上することができる。

光学素子22としては、LED、PDのほかに、CCD、面発光レーザ(VCSEL、

Vertical Cavity Surface Emitting Laser)、およびこれらの光学素子22と集積回路(IC、Integrated Circuit)とを集積化した光学集積回路(OPIC、Optical Integrated Circuit)などを用いることができる。光学素子22の光波長としては、光結合器21に結合される光ファイバ23の伝送損失が少ない波長であることが好ましい。

光ファイバ23としては、たとえば、プラスチック光ファイバ(POF:Polymer Optical Fiber)や石英ガラス光ファイバ(GOF:Glass Optical Fiber)などのマルチモード光ファイバを用いることが好ましい。POFは、コアがポリメタクリル酸メチル(PMMA、Poly methyl Methacrylate)やポリカーボネート等の光透過性に優れたプラスチックから成り、クラッドが上記コアよりも屈折率の低いプラスチックで構成されている。POFは、GOFに比べそのコアの径を200 μ m以上1mm以下と大きくすることが容易である。したがってPOFを用いることによって、光結合器21との結合調整が容易となるとともに、安価に製造することができる。

またコアが石英ガラスから成り、クラッドがポリマーで構成されたPCF(Polymer Clad Fiber)を用いても良い。PCFはPOFに比べると価格が高いが、伝送損失が小さく、伝送帯域が広いという特徴がある。したがってPCFを伝送媒体とすることによって、長距離の通信およびより高速の通信が可能な光通信網を構成することができる。

たとえば、光通信用途の場合に用いられるLEDの大きさは、素子サイズが数百 μ m角程度であり、光学面41の直径が100 μ m程度である。また光通信用途の場合に用いられるPDの大きさは、1mm角程度であり、光学面41の直径が数百 μ m以上1mm以下程度である。ただし、通信速度等により光学面41のサイズは異なる場合がある。

リードフレーム30の厚さは、100 μ m以上500 μ m以下である。リードフレーム30としては、導電性を有し、かつ熱伝導性の高い金属から成る薄板状の金属板が用いられる。たとえばリードフレーム30は、銅やその合金、鉄の合金、たとえば鉄にニッケルが約42パーセント含まれる42アロイ等が用いられる。リードフレーム30は、透光部38の内周面45の光反射率を高くするために、銀または金によるメッキ処理を施してもよい。

上述したように透光部38の内周面45は、円錐台形状の立体の外周面に沿った形

状となる。透光部38の軸線方向一端部48の内径直径である小径側直径は、光学素子22の光学面41の大きさに合わせて設定される。小径側直径L2が小さくなりすぎると、光学素子22の配置がずれた場合、光学素子22の光学面41の一部が遮蔽されて光の利用効率が減少してしまうため、高精度で光学素子22を配置しなければならないという問題があり、小径直径L2が大きくなりすぎると、透光部38の内周面45で反射された光が、すでに広がった状態で反射されるため、光ファイバ23に集光させることが困難となったり、光学素子22の光学素子搭載部34への接着面積が減少して接着強度が不足したりするという問題がある。

したがって、小径側直径L2は、光学素子22の光学面41の直径に、予め定められる配置精度に起因する最大ずれ量を加算した値に設定される。たとえば、光学面41の直径が $100\ \mu\text{m}$ で、配置精度が $\pm 20\ \mu\text{m}$ であった場合、小径側直径L2は $120\ \mu\text{m}$ に決定される。本実施の形態では、小径側直径L2が、光学面41の1.1倍以上1.6倍以下に設定されることによって、上述した問題を解消することができる。

また透光部38の軸線方向他端部49の内径直径である大径側直径L3は、透光部38の内周面45の傾斜角度によって決定される。光学素子22が発光素子である場合、透光部38の内周面38は、内周面45で反射された光が、光ファイバ23の光軸に対して平行に近くなる角度に設定される。この内周面45の傾斜角度は、小さすぎても大きすぎても、透光部38から出射する光が拡散してしまう。具体的には、光軸を含む仮想線で封止構造体を切断した場合に、リードフレーム30の厚み方向一方A1側表面と内周面45との成す角度は、30度以上でかつ70度以下に設定することが好ましい。

また光学素子22が受光素子である場合、透光部38の内周面38は、内周面45で反射された光が、受光素子の光学面41の光学面に集光する角度に設定される。この内周面45の傾斜角度は、小さすぎても大きすぎても、光学面41へ集光される光の光量が減少してしまう。具体的には、光軸を含む仮想線で封止構造体を切断した場合に、リードフレーム30の厚み方向一方A1側表面と内周面45との成す角度は、30度以上でかつ70度以下に設定することが好ましい。

図3は、封止構造体20の製造手順を示すフローチャートであり、図4A～図4Cは、封止構造体20の製造手順を示す図である。まず、ステップs0で、封止構造体20の

外形設計およびリードフレーム30の配線パターン設計などの設計工程が完了すると、ステップs1に進み、封止構造体20の製造を開始する。

ステップs1では、ステップs0で設計される配線パターンに従って、リードフレーム30を形成する。リードフレーム30は、エッチングまたはプレス加工によって形成される。これによってリードフレーム30に、光学素子搭載部34、内部接続部35および外部接続部36などを形成する。このとき、光学素子搭載部34には、厚み方向Aに貫通する透光部38を有する。このように透光部38を有するリードフレーム30を形成すると、ステップs2に進む。

ステップs2では、リードフレーム30に搭載されるべき被搭載体22、32を、リードフレーム30に接着する。具体的には、光学素子22を光学素子搭載部34にダイボンドする。またドライブ回路32を対応する内部接続部35bにダイボンドする。このとき光学面41が、光学素子搭載部34の開口37に厚み方向一方A1側から臨むように配置する。また透光部38の軸線方向一端部48を塞ぐように、光学素子22を光学素子搭載部34に接着する。

光学素子22を光学素子搭載部34に配置するにあたって、導電性を有する接着材料によって光学素子搭載部34に光学素子22を接着する。これによって、光学素子22のうち厚み方向一方A2に形成される電極端子53は、光学素子搭載部34に形成される電極端子53に電氣的に接続される。

次にワイヤ33によって各被搭載体22、32を電氣的に接続する。具体的には、光学素子22のうち厚み方向他方A2側に形成される電極端子50と、ドライブ回路32のうち厚み方向他方A2に形成される電極端子51とを、第1ワイヤ33aによってワイヤボンダする。また光学素子搭載部34に形成される電極端子53と、予め定められる内側接続部35とを、第2ワイヤ33bによってワイヤボンダする。このようにして図4Aに示すように、各被搭載体22、32、22をリードフレーム30に搭載すると、ステップs3に進む。

ステップs3では、封止用モールド樹脂を用いて封止体29をモールド成形する。まず、被搭載体22、32を搭載したリードフレーム30を封止体成形用金型60に装着する。封止体成形用金型60は、リードフレーム30が装着した状態で、リードフレーム30よりも厚み方向一方A1に内部空間が形成される。封止体成形用金型60のうちリード

フレーム30に関して厚み方向他方A2側となる第1の金型部分61は、リードフレーム30の厚み方向他方A2側の表面部全面に当接する。また封止体成形用金型60のうちリードフレーム30に関して厚み方向一方A1側となる第2の金型部分62は、ドライブ回路32、光学素子22およびワイヤ33a、33bから厚み方向一方A1に退避し、それらに接触することがない。

次に、図4Bに示すように、封止体成形用金型60の内部空間に封止用モールド樹脂を注入し、封止用モールド樹脂によって封止体29を成形する。この封止用モールド樹脂は、耐環境性を向上する添加剤が含有されている。このようにして封止体29を成形して形成すると、ステップs4に進む。

ステップs4では、透過用モールド樹脂を用いて透過体30をモールド成形する。まず、封止体29が成形されたリードフレーム30を透過体成形用金型63に装着する。透過体成形用金型63は、リードフレーム30が装着した状態で、リードフレーム30よりも厚み方向他方A2に内部空間が形成される。透過体成形用金型63のうち、リードフレーム30に関して厚み方向他方側A2となる第3の金型部分64は、少なくともリードフレーム30の透光部38から退避し、透光部38を塞ぐことがない。本実施の形態では、透過体31にレンズ部分を成形するために、第3の金型部分64とリードフレーム30との間の厚み方向Aの距離L4は、透光部38の中心軸線から遠ざかるにつれて小さくなる。また透過体成形用金型63のうち、リードフレーム30に関して厚み方向一方側A1となる第4の金型部分65は、成形された封止体29を収容可能な内部空間が形成される。

次に、図4Cに示すように、透過体成形用金型63の内部空間であって、第3の金型部分64とリードフレーム30との間に透過用モールド樹脂を注入し、透過用モールド樹脂によって透過体31を成形する。これによって透光部38の開口37にも、透過用モールド樹脂を注入する。このようなモールド樹脂は、成形後の光透過率が高いものが好ましい。このようにして透過体31を成形して形成すると、ステップs5に進む。ステップs5では、各モールド樹脂のバリとりなどの後処理を行った後、ステップs6に進み、封止構造体20の製造を完了する。

以上のように、モールド樹脂を用いて封止体29および透過体30を形成することで、

封止構造体20を安価にかつ容易に形成することができる。特にトランスファ成形を行うことによって、封止構造体20の大量生産が可能となり、より安価に封止構造体を製造することができる。本実施の形態では、光学素子22によってリードフレーム30の透光部38の軸線方向一端部48を塞いだ後で、封止体29をモールド成形する。これによって封止用モールド樹脂が光学面41および光路80に浸入することを容易に防ぐことができる。

なお、封止体成形工程において、リードフレーム30の変形および金型の寸法誤差などが生じることで、リードフレーム30から厚み方向他方A2側に封止用モールド樹脂が回り込むことを完全に押さえることができない。この場合、リードフレーム30の厚み方向他方A2側の一部に封止用モールド樹脂が回り込む現象、いわゆるフラッシュが生じる場合がある。

本実施の形態では、図1に示すように、光学素子搭載部34は、その縁辺部44から透光部38まで予め定める離間距離L1だけ離間して形成される。これによって、フラッシュが生じて透光部38には封止用モールド樹脂が回り込まないようにすることが可能である。したがって金型60およびリードフレーム30の高精度の管理を必要せずに、封止用モールド樹脂が光路80を塞ぐことを防ぐことができる。

離間距離L1は、封止用モールド樹脂が透光部38に浸入しない十分な長さに設定される。封止体29および透過体31の厚み方向寸法が、1mm程度に形成される場合、離間距離L1は、数百 μ m以上数mm以下に設定されることが好ましく、たとえば200 μ m以上3mm以下に設定される。離間距離L1が数百 μ m未満である場合には、封止用モールド樹脂が透光部38に達してしまう。また離間距離L1が数mmを超える場合には、封止構造体20の小型化が困難になるという問題がある。

このように縁辺部44から透光部38までの距離L1が離間距離L1に設定されることによって、光学素子搭載部34によって、フラッシュによる光路の遮蔽を簡単に防止することが可能である。したがって、LEDやPDなどのサイズが小さい光学素子22を使用しても、封止体29を簡易に成形することができる。

また、封止体成形工程において、金型と各被搭載体22, 32, 33とが離反して設けられる。これによって光学素子22およびワイヤ33に金型が接触するおそれを少なく

することができる。したがって光学素子22が破損することを防いで、不良品を低減することができる。また金型の精度管理およびリードフレーム30の変形防止を厳密に行わなくてもよい。したがって光学素子22が小型であっても、安易な製造方法を用いて封止構造体20を製造することができる。

また本実施の形態では、封止体成形工程において、リードフレーム30の厚み方向他方A2側の表面部全面を第1の金型部分61の内面に接触させた状態で、金型内部空間へ封止用モールド樹脂を注入する。これによって第1の金型部分61を複雑な形状にする必要がない。また封止用モールド樹脂が透光部38および光路80に達することを確実に防止することができる。

また透過体31は、高い光透過率を得るために封止体29よりも耐熱温度が低い場合がある。本実施の形態では、封止体成形工程の後に透過体成形工程を行うことによって、透過用モールド樹脂が過剰に加熱されることがなく、透過体31の成形精度を向上することができる。これによって透過体31に形成されるレンズ部分42を精度よく形成することができ、集光効率を向上することができる。

また、封止用モールド樹脂に耐環境性を向上する添加剤を添加するだけで、封止構造体20の耐環境性を向上することができる。また耐環境性を向上したうえで、透光部38を通過する光量の低下を防ぎ、光の伝達率が低下することがない。言換えると耐環境性の向上と光の伝達率の維持とを両立することができ、封止構造体20の品質を向上することができる。

たとえば、封止体29の線膨張係数を、各被搭載体22, 32, 33のいずれかの線膨張係数に近づけることによって、各被搭載体22, 32, 33の熱衝撃性を向上することができる。これによって被搭載体22, 32, 33の破損を防ぐことができ、封止構造体の信頼性を向上することができる。また封止体29の熱抵抗を低下することによって、封止構造体20の熱伝達率を高くして放熱性を向上することができる。

光学素子22としてLEDを用いる場合、透光部38の開口37に、屈折率が空気よりも高い透過用モールド樹脂を注入し、透過用モールド樹脂が発光面41に接触した状態で成形することが好ましい。これによってLEDの外部量子効率を改善することができ、発光量を向上することができる。外部量子効率は、LEDに流れる電流に対して、

LEDから出射される出力電子数である。

なお、透光部38を形成するにあたって、光学素子22やレンズ部分42、光ファイバ23を位置合せするための基準孔(図示せず)をあわせて形成することが好ましい。このような基準孔を光結合器21の組み立て基準とし、透光部38、光学素子22、レンズ部分42を位置合せすることによって、高精度な組み立てを行うことができる。さらに封止構造体20が光結合器21に用いられる場合、前記基準孔を、光ファイバ23と光学素子22との位置合せの基準とすることができる。

また、光学素子22のダイボンドにあたって、光学素子22とリードフレーム30とを接着する接着剤は、光学素子22の光学面41に付着しないようにする必要がある。フォトリソグラフィー等の手法によって、光学素子22の表面のうち、光学面41以外の部分に接着剤の薄膜を予め形成する。これによって接着剤が光学面41に付着しないようにすることができる。

封止体29に用いられる封止用モールド樹脂は、半導体素子の封止に使用されているエポキシ樹脂などにフィラーを添加した材料が使用される。封止用モールド樹脂は、上述したように、光学素子22またはワイヤ33の少なくともいずれかと線膨張係数が近く、熱伝導性の高くなるように設定される。たとえば光学素子22は、シリコン(Si)またはガリウム砒素(GaAs)から成り、ワイヤ33は金(Au)またはアルミ(Al)から成る。

光学素子22の線膨張係数が、 $2.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、ワイヤ33の線膨張係数が、 $14.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である場合、封止用モールド樹脂の線膨張係数は、 $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下に設定することが好ましい。なお、フィラーを添加していないエポキシ樹脂の線膨張係数は、 $60 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 程度である。また、封止用モールド樹脂の熱伝導率は、 $0.6 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上に設定することが好ましい。なお、フィラーを添加していないエポキシ樹脂の熱伝導率は、 $0.2 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ 程度である。これによって温度変化によって、光学素子22およびワイヤ33に生じる応力を低減することができる。また放熱性を向上することができる。

透過体31に用いられる透過用モールド樹脂は、光学的に透明であるエポキシ樹脂等が使用される。透過用モールド樹脂は、フィラーが添加されていない、もしくは少量

のフィラーが添加されているエポキシ樹脂が使用される。

ここで、光学的に透明とは、使用される波長領域の光を透過可能な透過性を有するという意味であり、その光透過率は70%以上であることが好ましい。透過用モールド樹脂はリードフレーム30の厚み方向他方A2側の表面を覆うように形成される。

図5は、封止体成形後の状態を示す平面図である。なお、図5には、透過体成形位置を2点鎖線で示す。封止用モールド樹脂によって封止体29を成形した後、封止体成形用金型60からリードフレーム30を取外す場合に、封止体用成形金型60と封止体29とを離型性を高めるために、封止用モールド樹脂には離型剤が添加される。この場合、封止体成形後には、封止体29の表面に離型剤がしみ出た状態となる。

離型剤が封止体29の表面にしみ出すと、透過体31と封止体29との密着性が低下してしまう。本実施の形態では、図5に示すように、透過体31がリードフレーム30に接触する第1接触面積が、透過体31が封止体29に接触する第2接触面積よりも大きく設定される。なお、図5に第1接触面積を破線70のハッチングの領域で示し、第2接触面積を一点鎖線71のハッチングの領域で示す。第1接触面積が第2接触面積よりも大きく形成されることで、透過体31の密着性を向上することができる。これによって温度変化および外力などに起因して、透過体31が、リードフレーム30および封止体29からはく離することを防ぐことができる。またはく離に起因して水分が封止構造体内に浸入することを防止することができ、耐湿性を向上することができる。

また、透過体31はその外周部において応力が大きくなるので、透過体31の外周部全てまたは一部がリードフレーム30に接するように設定することが好ましい。たとえば厚み方向Aに垂直な仮想切断面に沿って透過体31を切断した場合に、その切断面が長方形に形成される場合には、透過体31の短辺側の端部をリードフレーム30と直接接するように設定することが好ましい。図5には、短辺側端部が当接するリードフレーム30の当接部分を参照符号72で示す。

以上のように、モールド成形を用いて製造した封止構造体20は、ガラスレンズを使用した封止構造体と比較すると安価で作製が容易である。また、封止構造体20は、PDやLEDのようにサイズの小さい光学素子22を用いた場合でも、耐環境性に優れた封止用モールド樹脂を用いるという簡易な成形工程によって、光学素子22および

ワイヤ33の封止が可能となり、安価で耐環境性に優れた封止構造体20を製造することができる。また、光結合器21が、本実施の形態の封止構造体20を備えることによって、同様の効果を得ることができる。

図6は、本発明の実施の第2形態である封止構造体120を示す断面図であり、図7は、封止構造体120を備える光結合器121を示す断面図である。第2形態の封止構造体120は、第1形態の封止構造体20に対して、透過体の形状と、リードフレームにおける光学素子搭載部34の構成とが異なり、他の構成については、第1形態の封止構造体20と同様の構成を有する。したがって第1形態の封止構造体20の構成に相当する第2の封止構造体120の構成については、第1形態の封止構造体20と同一の参照符号を付し、説明を省略する。

封止構造体120は、リードフレーム30の光学素子搭載部34の厚み方向一方A1側に中間体であるサブマウント100が固定される。そしてサブマウント100の厚み方向一方A1側に光学素子22が接着される。すなわち封止構造体120は、透光部38と光学素子22との間にサブマウント100が介在される。本実施形態では、リードフレーム30の光学素子搭載部34とサブマウント100とを含んで、光学素子22を厚み方向一方A1側に搭載する搭載体となる。

光学素子搭載部34は、厚み方向Aに貫通する開口37を形成する透光部38を有する。光学素子搭載部34は、厚み方向一方A1側の表面部にサブマウント100が接着される。この場合、サブマウント100は、透光部38の軸線方向一端部48を塞ぐ。サブマウント100は、透光部38に対向する位置に光通過部101が形成される。光通過部101は、光がサブマウント100を貫通可能に形成される。本実施の形態では、光通過部101には、厚み方向に貫通した開口104が形成される。なお、透光部38に形成される開口37と、光通過部101に形成される開口104は、同軸に形成される。

サブマウント100は、厚み方向一方A1側の表面部に光学素子22が接着される。この場合、光学素子22は、光通過部101の軸線方向一端部102を塞ぐ。光学素子22は、光学面41が、透光部38に形成される開口37および光通過部101に形成される開口104を通過する光の光路80の延長線上に配置される。言換えると、光学素子搭載部34およびサブマウント100は、光学面41と対向する位置に開口37、104がそれ

ぞれ形成される。透光部38によって形成される開口37は、サブマウント100の光通過部101によって形成される開口104より大きく形成される。

封止体29は、図1に示す封止構造体20と同様に、封止体29は、光学素子22およびドライバ回路32に関して、リードフレーム30の反対側から、光学素子22およびドライバ回路32を覆う。したがって封止体29は、光学素子22の厚み方向一方A1側部分を塞ぎ、封止体29のうち厚み方向他方A2側で光学素子22を覆う。封止体29は、少なくとも光路80を除く領域に形成される。

サブマウント100には光学素子22の電極と電氣的に結合する電極を形成し、ワイヤ33によってリードフレーム30およびドライバ回路32に電氣的に接続させてもよい。この場合、光学素子22およびドライバ回路32の電極端子とサブマウント100とは、電氣的に導通した状態で接着される。なお、リードフレーム30とサブマウント100とは必ずしも電氣的に結合させる必要はなく、任意の接着剤によって接着されてもよい。

サブマウント100は、シリコン基板およびガラス基板などによって形成される。たとえば、サブマウント100として単結晶シリコン基板を用いる場合、シリコン基板を異方性エッチングすることによって断面が四角形状の開口を、光通過部101に形成することができる。具体的には、単結晶シリコンのミラー指数(100)で表わされる結晶面に水酸化カリウム(KOH)水溶液を滴下してエッチングすることによって、ミラー指数(111)面で表わされる結晶面が露出する。四角形のマスクを用いてエッチングすることで、形成される透光部38の内周面45は、四角錐形状の立体の外周面に沿った形状となる。この場合、透光部38の内周面45は、(100)で表わされていた結晶面に対して、 54.74° の角度を有する4つの平滑面を有する。

このようにして、サブマウント100の光通過部101を形成する場合には、リードフレーム30の透光部38をテーパ状に加工する場合に比べて、加工精度や面精度が高い。これによって光通過部101の内周面について、反射ミラーとしての高い性能を得ることができる。また、シリコンは熱伝導性が高いので、サブマウント100をシリコンで形成することによって、光学素子22に発生する熱を奪い、光学素子22の温度上昇を抑えることができる。さらに光学素子22がシリコンによって実現される場合には、サブマウント100と光学素子22との線膨張係数の差が少なく、光学素子22に生じる応力

を低減することができる。

また、サブマウント100としてガラス基板を用いても良い。ガラス基板は光学的に透明であるため、サブマウント100の光通過部101に開口104を別途形成する必要がない。また、光学素子22と線膨張係数が近いガラスを用いて、サブマウント100を形成することによって、光学素子22への応力を低減することができる。光学素子22と線膨張係数が近いガラスとして、たとえばパイレックス(登録商標)ガラスがある。また光通過部101に凸レンズやフレネルレンズを形成して、光路80を通過する光を集光する集光部分を形成してもよい。これによって、簡単な構成でかつ小型の光学系によって、封止構造体20の光利用効率を向上することができる。

またサブマウント100の光通過部101が、光学的に透明な材料で形成されることによって、光学素子22の光学面41側の表面と対向させることができる。この場合、透過体によるリードフレーム30の透光部30の封止を行う必要がない。ただし、透過体によって透光部30の封止を行ってもよい。さらに任意の形状のレンズを直接透光部38に対向する位置に貼り付けてもよい。

また、光学素子22としてPDを用いる場合、光学面41の近傍にリードフレーム30などの導電性材料を対向させると、PDの寄生容量が増加して、高速駆動が困難になるという課題がある。本実施の形態では絶縁性を有するサブマウント100を、リードフレーム20と光学素子22との間に介在させることによって、リードフレーム4とのギャップが広がる。これによってPDの寄生容量を低減することが可能となる。さらにサブマウント100に形成され、光学素子22の電極と接続する対向電極の面積を小さくすることによって、PDの寄生容量をさらに低減することが可能となる。また、サブマウント100に任意の電極パターンを形成することによって、光学素子22としてOEIC (PDおよびアンプ等の回路を含んだ集積回路)を使用することが容易となる。

また図6に示す封止構造体120の透過体131は、光ファイバ23の一端部に固定されるプラグ25が嵌合する嵌合部90が形成される。嵌合部90は、プラグ25の一端部が着脱可能に形成される。嵌合部90は、プラグ25の外周面に当接し、プラグ25が厚み方向Aに垂直な方向に移動することを阻止する。また透過体131は、嵌合部90から、光路に向かって突出する突出部91が形成される。突出部91は、光ファイバ23の

一端部に当接することなく、プラグ25の一端面に当接する。突出部91は、プラグ25の厚み方向一方A1への移動を阻止し、光ファイバ23がレンズ部分42に接触することを防ぐ。

嵌合部90にプラグ25が嵌合した状態で、光ファイバ23の一端部と、光学素子22とが厚み方向に一直線に並ぶ。これによって光ファイバ23を嵌合部90に嵌合するだけで、光ファイバ23を光学素子22に対向する位置に案内することができ、利便性を向上することができる。

また嵌合部90にプラグ25が嵌合した状態で、光ファイバ23の一端部と透過体131のレンズ部分42とは、予め定めるギャップL4を開けて設けられる。これによって光ファイバ23と透過体131のレンズ部分42とが衝突することを防ぐことができ、封止構造体131および光ファイバ23の損傷を防止することができる。なお、第2形態の封止構造体120は、第1形態の封止構造体20と同様の効果を得ることができる。なお、第2形態の封止構造体120を構成する封止体29および透過体131は、第1形態の封止構造体20と同様にモールド成形によって形成される。

図8は、本発明の実施の第3形態である封止構造体220を示す断面図である。第3形態の封止構造体220は、第2形態の封止構造体120に対して透過体131を除いた構成を有する。したがって第2形態の封止構造体220と同様の構成については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

封止構造体220は、光学搭載部34に光学素子22が、サブマウント100を介して接続される。透過体131を有しない構成であっても、封止構造体220の耐環境性を向上するとともに、モールド成形によって製造することができる。これによって光学素子22が小型である場合であっても、容易に封止構造体220を製造することができる。なお、透過体を形成していないので、製造工程を減らすことができ、さらに安価に製造することができる。なお、第3形態の封止構造体220は、第1形態の封止構造体20とほぼ同様の効果を得ることができる。なお、第3形態の封止構造体220を構成する封止体29は、第1形態の封止構造体20と同様にモールド成形によって形成される。また図8には、サブマウント100を介して、光学素子22をリードフレーム30に接着したが、光学素子22を直接リードフレーム30に接着してもよい。

図9は、本発明の実施の第4形態である封止構造体320を示す断面図である。第4形態の封止構造体320は、第1形態の封止構造体20に対して、透過体の形状が異なり、他の構成については、第1形態の封止構造体20と同様の構成を有する。したがって第1形態の封止構造体20の構成に相当する第4の封止構造体320の構成については、第1形態の封止構造体20と同一の参照符号を付し、説明を省略する。

第4形態の封止構造体320は、前述したように、リードフレーム30の厚み方向一方A1側の表面部、光学素子22、ワイヤ33は封止体29によって覆われる。封止構造体320は、これをさらに透過体131で覆った構成となっている。すなわち、透過体331が、封止体29およびリードフレーム30の外部接続部36以外を透過体331で覆う。透過体131はエポキシ樹脂等の光透過性に優れた樹脂材料からなり、この樹脂によりレンズ部分42が形成されている。モールド成形によって、封止体29および透過体131を形成すると、封止体29と透過体131とは密着性が悪くなる。しかしながら透過体131によって、封止体29を覆うことで、透過体131が封止体29から剥離することを防止することができる。また、第4形態の封止構造体320は、第1形態の封止構造体20と同様の効果を得ることができる。なお、第4形態の封止構造体320を構成する封止体29および透過体331は、第1形態の封止構造体20と同様にモールド成形によって形成される。

図10は、本発明の実施の第5形態である封止構造体420を示す断面図である。第5の封止構造体420は、第3形態の封止構造体220に対して、封止体429の構成が異なり、その他は同一の構成を有する。したがって第3形態の封止構造体220と同様の構成については、同一の参照符号を付し、説明を省略する。

封止構造体420の封止体429は、リードフレーム30の厚み方向両側を覆う。ただし封止体429は、光路80を除く領域に配置される。すなわち、封止体429は、透光部38の軸線方向他端部をのぞく、リードフレーム4の厚み方向他方側の表面も覆う。第5の実施形態の封止構造体420は、封止体429によってリードフレーム30を両側から挟んでおり、リードフレーム30と封止体429との密着性を改善することが可能となる。また、第2の実施形態の封止構造体120のように、リードフレーム30の厚み方向他方A2側に形成される封止体429の一部を、光ファイバ23との位置合せに用いることも

できる。

第5の実施形態の封止体構造420は、モールド成形によって形成することができる。この場合、封止体成形用金型60のうち、装着するリードフレーム30に関して、厚み方向他方A2側となる第1の金型61によって、リードフレーム30と第2の金型との間に内部空間を形成する。この状態で、封止用モールド樹脂を金型の内部空間に注入することによって、封止体29を成形する。このとき、リードフレーム30の光学素子搭載部34に第1の金型部分61を当接させ、その金型部分61の当接部分の外周部から透光部38までの距離が、前記離間距離L1に設定される。これによって、封止用モールド樹脂が透光部38に回り込むことを防ぐことができる。また光学素子22と第1の金型部分61とは当接することがないので、光学素子22の破損を防止することができる。また封止用モールド樹脂が透光部38に回り込むことを防止すれば、他の部分には形成しても光学的に問題とはならない。

図11は、本発明の実施の第6形態である封止構造体520を示す断面図である。図12は、封止構造体520を示す平面図である。第6形態の封止構造体520は、第2の形態の封止構造体120に対して、透過体531の形状と、光学素子搭載部34への透過体531の接合方法および作製方法が異なり、他の構成については、第2の形態の封止構造体120と同様の構成を有する。したがって第2の封止構造体120の構成に相当する第6の封止構造体520の構成については、第2の封止構造体120と同一の参照符号を付し、説明を省略する。

第2の形態の封止構造体120においては封止体29に透過体31がモールド成形により一体に形成される。これに対して、第6形態の封止構造体520は、別途形成される透過体531が接着剤502によって封止体29またはリードフレーム30の少なくとも一方に接着されて、透過体531が光学素子搭載部34の厚み方向一方A2側に固定される。このように別途形成した透過体531を用いた構成では、モールド成形によって形成する場合に比べて、透過体531を容易に小型にできること、モールド成形時に生じる収縮応力を低減できることなどの利点がある。

図12に示すように本実施の形態の透過体531は、光学素子搭載部34および光学素子搭載部34近傍の封止体29上に接着される。透過体531が光学素子搭載部34

および封止体29に接触する接着面積は、封止体29の厚み方向他方側A2の表面積よりも小さく形成され、光学素子搭載部34の厚み方向他方側表面の面積とほぼ同じに形成される。なお、図12に透過体531の接着面積を破線170のハッチングの領域で示し、封止体29の厚み方向他方側A2の表面積を一点鎖線171のハッチングの領域で示す。

本実施の形態では、透過体531は、光学素子搭載部34に対向し、内部接続部35から退避して配置される。透過体531は、封止体29と接着される部分が、無いようにまたは可及的に少なくなるように形成される。すなわち透過体531は、接着面の大部分が光学素子搭載部34に接着される。

透過体531は、封止体29よりも高い透光性を有する。透過体531は、接着部500と、レンズ部分42と、位置合せ部501とを含んで形成される。接着部500は、板状に形成され、光学素子搭載部34に対向して配置される。接着部500は、光学素子搭載部34の開口37より大きく形成され、その開口37を厚み方向他方A2側から覆う。本実施の形態では、接着部500は、円板状に形成され、光路80の中心に対して同軸に形成される。透過体531は、射出成形によって形成される。

レンズ部分42は、接着部500の厚み方向他方A2に連なり、接着部500から厚み方向他方A2に突出する。レンズ部分42は、光路80上に形成され、厚み方向他方A2に向かって凸なレンズ形状に形成される。位置合せ部501がレンズ形状に形成されることによって、集光効率を向上することができる。

位置合せ部501は、接着部500の厚み方向一方A1に連なり、接着部500から厚み方向一方A1に突出する。透過体531が接着された状態で、位置合せ部501は、光学素子搭載部34の開口37に嵌合する。位置合せ部501の外周面は、開口37の軸線に向かうにつれて厚み方向一方に傾斜する。言い換えると、位置合せ部501は、厚み方向一方A1に向かうにつれて、その径が小さくなるテーパ形状に形成される。本実施の形態では、位置合せ部501は、厚み方向一方A1に向かって凸な凸レンズ形状に形成される。レンズ部分42と位置合せ部501とは、厚み方向に同軸に形成される。これによって位置合せ部501が光学素子搭載部34の開口37に嵌合した状態で、位置合せ部501およびレンズ部分42が、光路80の中心と同軸に形成される。

透過体531は、位置合せ部501が光学素子搭載部34の開口37またはサブマウント100の開口104に位置合せされて、接着剤502によって固定される。接着剤502は、透光性を有するとともに、空気よりも高い屈折率を有する。接着剤502は、光学素子22の光学面41を覆い、光学面41と透過体531との間の空間に充填される。

透過体531としては、ポリメチルメタクリレート(Poly methyl methacrylate、略称PMMA)、ポリカーボネート等の透光性樹脂材料またはガラスなどの透光性無機材料を射出成形等によって任意の形状に加工したものを用いることができる。

接着剤502は、光透過性に優れ、その屈折率が透過体531に近いものが好ましい。また接着剤502は、その粘度が0.1Pa・s以上で10Pa・s以下であり、ヤング率が3MPa以下のものを使用することが好ましい。たとえば、接着剤502としてエポキシ樹脂およびシリコーン樹脂などを用いることができる。特にシリコーン樹脂は、ヤング率が低いので、環境温度変化によって封止構造体520が変形しても、接着剤502によって光学素子22の光学面41に働く応力を低減でき、接着剤502としてより好適に用いることができる。

封止体29は、図1に示す封止構造体20と同様に、光学素子22およびドライバ回路32に関して、リードフレーム30の反対側から、光学素子22およびドライバ回路32を覆う。したがって封止体29は、光学素子22の厚み方向一方A1側部分を塞ぎ、封止体29のうち厚み方向他方A2側で光学素子22を覆う。封止体29は、少なくとも光路80を除く領域に形成される。

透過体531が、光学素子搭載部34および封止体29に接着される接着面積(図12の破線170のハッチングで示す領域)は、封止体29の厚み方向他方A2側の表面積(一点鎖線171のハッチングで示す領域)に比べて小さく形成される。また、リードフレーム30の厚み方向他方A2側の表面の多くは透過体531によって覆われることなく空气中、すなわち封止構造体520の周囲の雰囲気中に露出する。なお透過体531が、光学素子搭載部34および封止体29に接触する接着面積は、封止体29の厚み方向他方A2側の表面積に対して1/3以下に形成することが好ましい。

図13は、第6実施形態の封止構造体520の製造手順を示すフローチャートである。図14は、封止構造体520の製造手順を説明するための断面図である。まず、ステ

ップa0で、封止構造体520の外径設計およびリードフレーム30の配線パターン設計などの設計工程が完了すると、ステップa1に進み、封止構造体520の製造を開始する。

製造工程は、ステップa1〜ステップa3の手順を順番に行う。なお、ステップa1〜ステップa3は、図3に示すステップs1〜ステップs3と同様の工程であり、説明を省略する。ステップa3によって封止体29の成形が完了すると、ステップa4に進む。

ステップa4では、ディスペンサなどによって、接着剤502を光学素子搭載部34の開口37およびサブマウント100の開口104に充填する。接着剤502の充填が完了すると、ステップa5に進む。ステップa5では、封止体29の成形工程とは別工程で形成された透過体531を光学素子搭載部34に接着する。上述したように透過体531は、射出成形などによって、封止体29とは別体に形成される。

ステップa5では、図14に示すように、透過体531を厚み方向他方A2側から厚み方向一方A1側に向かって移動させ、位置合せ部501を光学素子搭載部34の開口37に挿入する。光学素子搭載部34の開口37およびサブマウント100の開口104に充填された接着剤502の一部は、レンズ位置合せ部501のテーパ状に傾斜する外周部によって押し出され、光学素子搭載部34の開口37から光学素子搭載部34の厚み方向他方A2側に溢れ出す。これによって透過体531が光学素子搭載部34に押し込まれた状態で、図11に示すように、透過体531の厚み方向一方A1側表面と光学素子搭載部34の厚み方向他方側A2表面との間に接着剤502が充填された状態となる。この状態で接着剤502を硬化させると、ステップa6に進む。ステップa6では、製造工程を終了し、封止構造体520を完成させる。

以上のように本発明の第6実施形態の封止構造体520によれば、上述した各実施形態の封止構造体20, 120, 320, 420と同様に、光学素子22は、フェースダウン配置で光学素子搭載部34に接着される。これによって光学面5の近傍に形成される電極とリードフレーム30とのワイヤーボンディングを容易に行うことができる。また、透過体531の形状の自由度を広げることができ、光学的に効果が得られるレンズの設計を容易に行うことができる。さらに射出成形によって透過体531を成形することによって、微小なレンズ形状を有する透過体531を形成することができる。また透過体53

1に位置合せ部501が形成されることによって、透過体531の位置合せおよび接着を容易に行うことができる。

第6実施形態の封止構造体520は、封止体29とともにモールド成形せずに、別途形成した透過体531を接着剤502によって光学素子搭載部34に接着する。この場合、モールド成形によって透過体531を光学素子搭載部34に成形する場合に比べて、容易に小型化することができる。また第2実施形態の封止構造体520に比べて、モールド成形回数を減らすことができるので、封止体29および光学素子搭載部34におけるモールド成形時の収縮応力を低減できる利点がある。

たとえば、第2形態の封止構造体120においては、透過体131は、トランスファ成形によって形成される。この場合、図4(3)に示すように透過用モールド樹脂を注入するための領域99を確保する必要がある。したがって図12に示すように透過体31、131をリードフレーム30に対して島状に配置することが困難である。また透過用モールド樹脂の溶出が生じやすく、リードフレーム30のうち空気中に露出する露出面を形成することが困難となる。

これに対して、第6形態の封止構造体520では、透過体531を、封止体29の厚み方向他方A2側の表面の縁辺に接触させずに、島状に配置することができ、透過体531を小型化することができる。透過体531を小型化することによって、リードフレーム30の表面のうち、空気中に露出する露出面を容易に形成することができる。

透過体531を小型化することによって、環境温度の変化による封止構造体520の変形や、それにとまなう透過体531への応力の発生を低減することができ、環境温度の変化による透過体531の割れ、ひずみおよび剥離を防ぐことができる。具体的には、図1に示した第1実施形態の封止構造体20では、封止体29と透過体31とが接触する面積が大きく、両者の線膨張係数が異なることから、環境温度が変化した時にひずみが生じやすいが、図11、図12に示した第6実施形態の封止構造体520では、このような変形を低減することができる。

さらに、トランスファ成形では一般に熱硬化性の樹脂が使用される。この場合、硬化時の収縮、リードフレーム30および封止体29などの他の部材と、透過体3との線膨張係数の違いによって、室温において応力が生じた状態となっている。たとえば、硬

化温度が150℃の透過用モールド樹脂を用いて透過体31, 131を成形した場合、150℃で硬化した時にリードフレーム30および封止体29が、線膨張係数の違いや、形状の非対称性により変形した状態となっている。この状態で透過体31, 131を成形すると、室温では、リードフレーム30などの他の部材と透過体31, 131との線膨張係数の違いによって、透過体31に、成形時の温度である150℃と室温の温度との差によって大きな応力が発生する。したがって透過体31の変形および割れ、リードフレーム30からの剥離などが生じやすく、信頼性および特性に問題が生じる。

これに対して、第6実施形態の透過体531では、別途単体で成形された透過体531を用いるので、リードフレーム30などの他の部材と透過体531との間での熱応力の影響を少なくすることができ、より高い信頼性を得ることができる。さらに、透過体531を射出成形で作製することによって熱可塑性樹脂を用いて透過体531を成形することができ、成形後の応力をより緩和することができる。

また透過体531の位置合せ部501が、光学素子搭載部34の開口37に嵌合することによって、透過体531の位置合せが行われる。このように透過体531を直接位置合せすることによって、光学素子22の光学面41と、透過体531のレンズ部分42とを容易にかつ高精度で位置合せすることが可能となる。なお、本実施の形態では、位置合せ部501が開口37に嵌合するとしたが、光学素子搭載部34または封止体29に位置合せ部501を位置合わせするための位置合せ孔が、開口37とは別に形成されてもよい。位置合せ部501が、位置合せ孔に嵌合することによって、透過体531が光学素子搭載部34に位置合せされる。この場合、開口37と対向する位置に位置合せ部501を形成する必要がない。

また本実施の形態では、透過体531に位置合せ部501となる凸部を形成したが、光学素子搭載部34または封止体29に凸部を形成し、透過体531に凹所を形成してもよい。この場合、光学素子搭載部34または封止体29に形成される凸部を、透過体531に形成される凹所に嵌合させることによって、前述した場合と同様に、透過体531と光学素子搭載部34とを位置合せすることができる。

また、透過体531と光学素子搭載部34との位置合せにあたって、接着剤502を光学素子搭載部34の開口37およびサブマウント100の開口104から漏れ出させること

によって、透過体531と光学素子搭載部34との間に接着剤502を均一に配置させることができる。また位置合せ部501が、テーパ形状に形成されることによって、各開口部37, 104に気泡が発生することを防止することができる。位置合せ部501のテーパ傾斜角、形状および大きさなどは、各開口37, 104から溢れ出させる接着剤502の量に合わせて、任意のテーパ傾斜角、形状および大きさに最適化される。

接着剤502は、光学素子22の光学面41を覆い、光学素子搭載部34の開口37(透光部38)、サブマウント100の開口104(光透過部101)に充填するように注入される。接着剤502は、透過体531に接する。光学素子22としてLEDを使用する場合、光学面41の表面を接着剤502で覆うことによって、前述のように外部量子効率を向上させることが可能となる。また、透過体531と同等の屈折率を有する接着剤502によって、光学素子搭載部34の開口37およびサブマウント100の開口104を充填することで、フレネル反射による光利用効率の低下を防止することができる。

さらに、接着剤502は接着相手によって任意の材料を選択することができ、一般にトランスファ成形で用いられる透明樹脂とリードフレーム30との接着力よりも、強い接着力を得ることができる。これによって、透過体531の光学素子搭載部34からの剥離や、接着剤502の光学面41からの剥離を防止することができ、信頼性の高い封止構造体520を得ることができる。

また、透過体531を小型化することができるので、透過体531がリードフレーム30を覆う面積も少なくすることができる。これによってリードフレーム30の厚み方向他方A2の表面のうちの一部を空气中に露出させることができる。このようにしてリードフレーム30の露出面積を大きくすることによって、封止構造体520の放熱特性を改善することができる。これによって透過体531の熱伝導性が低くても、リードフレーム30による放熱特性が低下することを防ぐことができる。さらにリードフレーム30の露出部を、冷却手段であるヒートシンクなどに接続することによって、より効率的に放熱を行うことができ、高温での動作が可能となる。

さらに、封止体29をリードフレーム30の厚み方向一方A2側にも形成してもよい。たとえば、図6や図7に示す嵌合部90を封止体29によって形成してもよい。この場合、透過体531が配置される部分には封止体29は形成せずにし、封止体29の一部と、

透過体531の接着部500の外周部とを位置合せに使用することができる。このような構成とすることにより、光ファイバ23との位置合せが容易となり、また、封止構造体520の強度も高くすることができる。

なお、上述した実施の各形態の封止構造体は、本発明の一例示に過ぎず、発明の範囲内でその構成を変更することができる。たとえば封止構造体20, 120, 220, 320, 420, 520は、光結合器21に用いられるとしたが、他の装置に用いられてもよい。また光学素子22は、上述に例示した素子以外であってもよい。また封止体29は、モールド成形によって形成されることが好ましいが、他の製造方法によって封止構造体が製造されてもよい。また封止体29は、光学素子22の全体を覆う必要がない。

また、リードフレーム30とは、光学素子22およびドライバ回路32などの被搭載体を搭載して支えるとともに、各被搭載体へ電気を伝える役割を果たす薄板状の金属板を意味する。本発明では、リードフレーム30の代わりに、たとえば、ステムやプリント基板等の各種の基板を用いて、光学素子22を搭載して封止構造体20を製造することもできる。透光部38は、開口37が形成されるとしたが、光通過可能な透光性を有すればよい。またレンズ部分42は、凸レンズに形成されるが、凹レンズなどの他の形状に形成されてもよい。また上述したように、透過体は、図3に示すようにトランスファ成形によって形成されて光学素子搭載部34に固定されてもよいし、図13に示すように接着剤502によって光学素子搭載部34に接着されてもよい。

本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形態で実施できる。したがって、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示に過ぎず、本発明の範囲は特許請求の範囲に示すものであって、明細書本文には何ら拘束されない。さらに、特許請求の範囲に属する変形や変更は全て本発明の範囲内のものである。

産業上の利用可能性

- [0006] 本発明によれば、有色の封止体を用いても、透光部を通過する光の光量が低下することがなく、封止体の選択肢を広げることができる。たとえば光学素子が破損しにくい封止体を選択することができる。また光学面が搭載体に対向して配置されることによって、光学面で生じた熱が搭載体に伝わりやすく、光学素子の放熱性を向上する

ことができる。これによって光学素子の故障を低減することができる。また光学素子のうち光学面および光学面の近傍部分は、搭載体に接触している。したがって光学素子のうち光学面および光学面の近傍部分を、封止体で封止させる必要がない。したがって光学素子が小型である場合であっても、容易に製造することができる。

また封止体としてモールド樹脂を用いて、モールド成形によって封止構造体を製造することができる。この場合、光学素子によって搭載体の透光部の軸線方向一端部を塞いだ後で、モールド樹脂による成形加工を行うことで、モールド樹脂が光学面および光路に浸入することを防ぐことができる。また光学素子のうち搭載体に対向する表面部以外の残余の部分を、モールド樹脂によって覆って成形加工を行うことで、光学素子と金型とを接触させる必要がない。これによって金型の精度管理を厳密に行わなくても、光学素子が成形時に破損することを防ぎ、不良品を低減して容易に形成することができる。特に、金型と光学素子とを接触させる必要がないので、光学素子が小型であっても、安易な製造方法を用いて封止構造体を製造することができる。

また本発明によれば、耐環境性を向上するために有色の添加剤を封止体に添加しても、光の伝達率が低下することがない。したがって耐環境性の向上と、光の伝達率の維持とを両立することができ、品質を向上することができる。

また本発明によれば、光の伝達率を低下することなく、光学素子またはワイヤに生じる応力を低減させることができる。これによって光の伝達率を維持したうえで、光学素子またはワイヤの破損を防ぐことができ、封止構造体の信頼性を向上することができる。

また本発明によれば、封止体をモールド成形によって形成すると、搭載体のうち、光学素子に対して反対側の表面部全面を金型の内面に接触させることができ、金型を複雑な形状にする必要がない。したがって簡単に封止体を形成することができる。また搭載体のうち、光学素子に対して反対側の表面部にモールド樹脂が回り込むことが防がれ、光路にモールド樹脂が浸入することを防ぐことができる。

また本発明によれば、光学面の露出を防ぐことによって、水分や不純物が光学面に付着することを防ぐことができる。水分の光学面への浸入を防ぐことによって、封止構造体の耐湿性を向上することができる。

また本発明によれば、モールド樹脂を用いて封止体とともに透過体を形成することによって、封止構造体を安価にかつ容易に形成することができる。特にトランスファ成形を行うことによって、封止構造体の大量生産が可能となり、より安価に封止構造体を製造することができる。

また本発明によれば、第1接触面積が第2接触面積よりも大きく形成されることで、透過体と、搭載体および封止体との密着性を向上することができる。これによって温度変化および外力などに起因して、透過体が、搭載体および封止体からはく離することを防ぐことができる。またはく離に起因して水分が封止構造体内に浸入することを防止することができ、耐湿性を向上することができる。

また本発明によれば、透過体の外周部の少なくとも一部が、搭載体に接触することによって、応力が生じた場合に透過体が、搭載体および封止体から剥離することを防ぐことができる。またはく離に起因して水分が封止構造体内に浸入することを防止することができ、耐湿性を向上することができる。

なお、光進行方向に垂直な仮想切断面に沿って透過体を切断した場合に、その切断面が長方形に形成される場合には、少なくともその短辺側端部と搭載体とが接触することが好ましい。これによって透過体のうち、応力集中が生じやすい部分を搭載体に接触させることができ、透過体が剥離することをさらに防ぐことができる。言換えると、透過体のうち応力集中が生じる部分を、搭載体に接触させることが好ましい。

また本発明によれば、透過体によって、封止体および搭載体を覆うことによって、透過体が、封止体および搭載体からはく離することを確実に防止することができる。またはく離に起因して水分が封止構造体内に浸入することを防止することができ、耐湿性を向上することができる。

また本発明によれば、接着剤によって透過体を、搭載体および封止体の少なくともいずれか一方に接着する。これによってトランスファ成形によって透過体を形成する場合に比べて、透過体を小型化することができる。透過体を小型化することによって、環境温度の変化によって封止構造体が熱変形した場合に、透過体に発生する応力を低減することができ、信頼性の高い封止構造体を得ることができる。また接着剤は、接着相手によって任意の材料を選択することができ、トランスファ成形で用いられ

る透過体と搭載体との接着力よりも強力な接着力を得ることができる。これによって搭載体から透過体が剥離することを防止することができ、信頼性の高い封止構造体を得ることができる。

また本発明によれば、空気より高い屈折率を有する接着剤で光学素子の光学面を覆うことによって、光学素子としてLEDを用いた場合、外部量子効率を向上させることが可能となる。さらに接着剤は、透過体と同等の屈折率であり、光学面と透過体との間に充填されることが好ましい。これによってフレネル反射による光利用効率の低下を防止することができる。

また本発明によれば、光学面と透過体とを容易に高精度で位置合わせすることが可能となる。これによって透過体が搭載体に比べて小型に形成される場合であっても、位置ずれを防いで、搭載体に透過体を容易に取付けることができる。

また本発明によれば、透過体の位置合せ部を搭載体の貫通孔に嵌合させることによって透過体の搭載体への位置合せを容易に行うことができる。また搭載体の貫通孔に充填した接着剤を押しつけるようにして組立てることによって、透過体と搭載体との間に接着剤を均一に配置することができる。また接着剤に気泡が入らないようにすることができる。

また本発明によれば、搭載体のうち透過体側となる表面に、封止構造体を覆う雰囲気中に露出する露出面を形成することができ、封止構造体の放熱特性を改善することができる。

また本発明によれば、レンズ部分によって光路に沿って進行する光を屈曲することで、簡単な構成でかつ小型の光学系によって、光利用効率を向上することができる。

また本発明によれば、サブマウントを介することによって、直接リードフレームに光学素子を搭載した場合に生じる不具合を解消することができる。たとえば、リードフレームと光学素子との線膨張係数の差が大きい場合に、サブマウントの線膨張係数を光学素子に近づけることによって、温度変化に起因して生じる光学素子の応力を低減することができる。

またサブマウントを用いることによって、特殊な機能を付加することができる。たとえば透光性を有する材料によってサブマウントを実現してもよく、これによって光学面が

露出することを防止することができる。またサブマウントにレンズを形成してもよく、これによって光利用効率を向上することができる。また光学素子の電極と電氣的に結合する電極を形成してもよく、これによって特別な光学素子を用いる必要がない。

また本発明によれば、搭載体の集光部分によって光路に沿って進行する光を屈曲することで、簡単な構成でかつ小型の光学系によって、光利用効率を向上することができる。

また本発明によれば、集光機能を得るために、透光部に内周径が光学面から遠ざかるにつれて拡張する開口を形成するだけでよい。透光部は、エッチングやプレス加工などによって形成することができる。すなわちリードフレームのパターンニング加工とともに形成することができ、別途新たな工程を必要としない。これによって価格を増大させることなく、低コストで封止構造体に集光機能を付加することができる。

また本発明によれば、搭載体に透過体には覆われていない露出面を形成することによって、露出面から熱を放熱することができ、封止構造体の放熱特性を改善することができる。また露出面を放熱器であるヒートシンクに接続することが好ましい。これによって効率的に放熱することができ、高温下での動作を可能とすることができる。

また本発明によれば、光学素子が発光ダイオード、半導体レーザおよびフォトダイオードのうちのいずれかのような小型素子である場合であっても、光学素子を搭載体に搭載した状態で、光学素子を封止体によって封止することができる。

また本発明によれば、上述した封止構造体を光結合器が備えることによって、耐環境性に優れるとともに、小型化が可能な光結合器を形成することができる。

また本発明によれば、透光部形成工程によって透光部を形成した後、透光部の軸線方向一端部を光学素子によって塞いだ状態で、搭載体に光学素子を搭載する。次に、封止用モールド樹脂を金型内に注入して封止体を形成する。これによって封止用モールド樹脂が光学面およびその近傍に進入することを防ぐことができる。また封止用モールド樹脂は光路から除いた領域に形成することによって、耐環境性を向上するための添加材を含有した有色の封止用モールド樹脂によって光学素子を封止しても、光伝達率の低下を防ぐことができる。

また封止体によって光学素子を封止する場合、搭載体に搭載した光学素子の周囲

を覆うように封止用モールド樹脂を注入するだけでよく、金型を光学素子の光学面に接触させる必要がない。これによつて金型を高精度に管理する必要がない。また光学素子が損傷することを防ぐことができる。これによつて光学素子が小型であっても、封止体によつて光学素子を容易に封止することができる。

請求の範囲

- [1] 予め定める光路に沿って進む光が貫通する透光部を有する搭載体と、
 受光または発光する光学面が透光部に臨み、透光部の軸線方向一端部を塞いで
 搭載体に搭載される光学素子と、
 光路を除く領域に形成され、搭載体に搭載される光学素子を封止する封止体とを
 含むことを特徴とする光学素子の封止構造体。
- [2] 封止体には、光学素子の耐環境性を向上する物質が添加されることを特徴とする
 請求項1記載の光学素子の封止構造体。
- [3] 光学素子に電氣的に接続される接続体と、
 光学素子と接続体とを電氣的に接続するワイヤとをさらに含み、
 前記封止体の線膨張係数は、ワイヤまたは光学素子の線膨張係数とほぼ同等に
 設定されることを特徴とする請求項1または2記載の光学素子の封止構造体。
- [4] 前記封止体は、光学素子に関して搭載体と反対側の領域に形成されることを特徴
 とする請求項1〜3のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。
- [5] 前記封止体よりも光透過率の高い透過体をさらに含み、透過体は、透光部の軸線
 方向他端部を塞ぐことを特徴とする請求項1〜4のいずれか1つに記載の光学素子
 の封止構造体。
- [6] 前記封止体および透過体は、モールド樹脂からそれぞれ成り、トランスファ成形よっ
 て形成されることを特徴とする請求項5に記載の光学素子の封止構造体。
- [7] 前記透過体が搭載体に接触する第1接触面積は、透過体が封止体に接触する第2
 接触面積よりも大きいことを特徴とする請求項6記載の光学素子の封止構造体。
- [8] 前記透過体は、外周部の少なくとも一部が搭載体に接触することを特徴とする請求
 項6または7記載の光学素子の封止構造体。
- [9] 前記透過体は、封止体と搭載体とを覆うこと特徴とする請求項6〜8のいずれか1つ
 に記載の光学素子の封止構造体。
- [10] 前記透過体は、搭載体または封止体に対して、接着剤によって接着されることを特
 徴とする請求項5記載の光学素子の封止構造体。
- [11] 前記接着剤は、透光性を有するとともに空気より高い屈折率を有し、光学素子の光

学面を覆うことを特徴とする請求項10記載の光学素子の封止構造体。

[12] 前記透過体および搭載体の少なくともいずれか一方には、透過体と搭載体とを位置合せするための位置決め部が形成されることを特徴とする請求項10または11記載の光学素子の封止構造体。

[13] 透光部は、光路に沿って搭載体を貫通する貫通孔が形成され、
透過体は、貫通孔に嵌合する位置合せ部が形成され、
位置合せ部は、貫通孔に嵌合した状態で、光学素子の受光面に向かうにつれて外径が小さくなるテーパ形状を有することを特徴とする請求項12記載の光学素子の封止構造体。

[14] 透過体が搭載体または封止体に接着する接着面積は、封止体が搭載体と接触する側の表面積よりも小さいことを特徴とする請求項10～13のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

[15] 前記透過体は、レンズ形状に形成されるレンズ部分が光路上に形成されることを特徴とする請求項5～14のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

[16] 前記搭載体は、リードフレームと、サブマウントとを含み、
光学素子は、サブマウントを介してリードフレームに搭載されることを特徴とする請求項1～15のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

[17] 前記搭載体の透光部は、光学素子の光学面に向かうにつれて光路を絞る集光部分が形成されることを特徴する請求項1～16のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

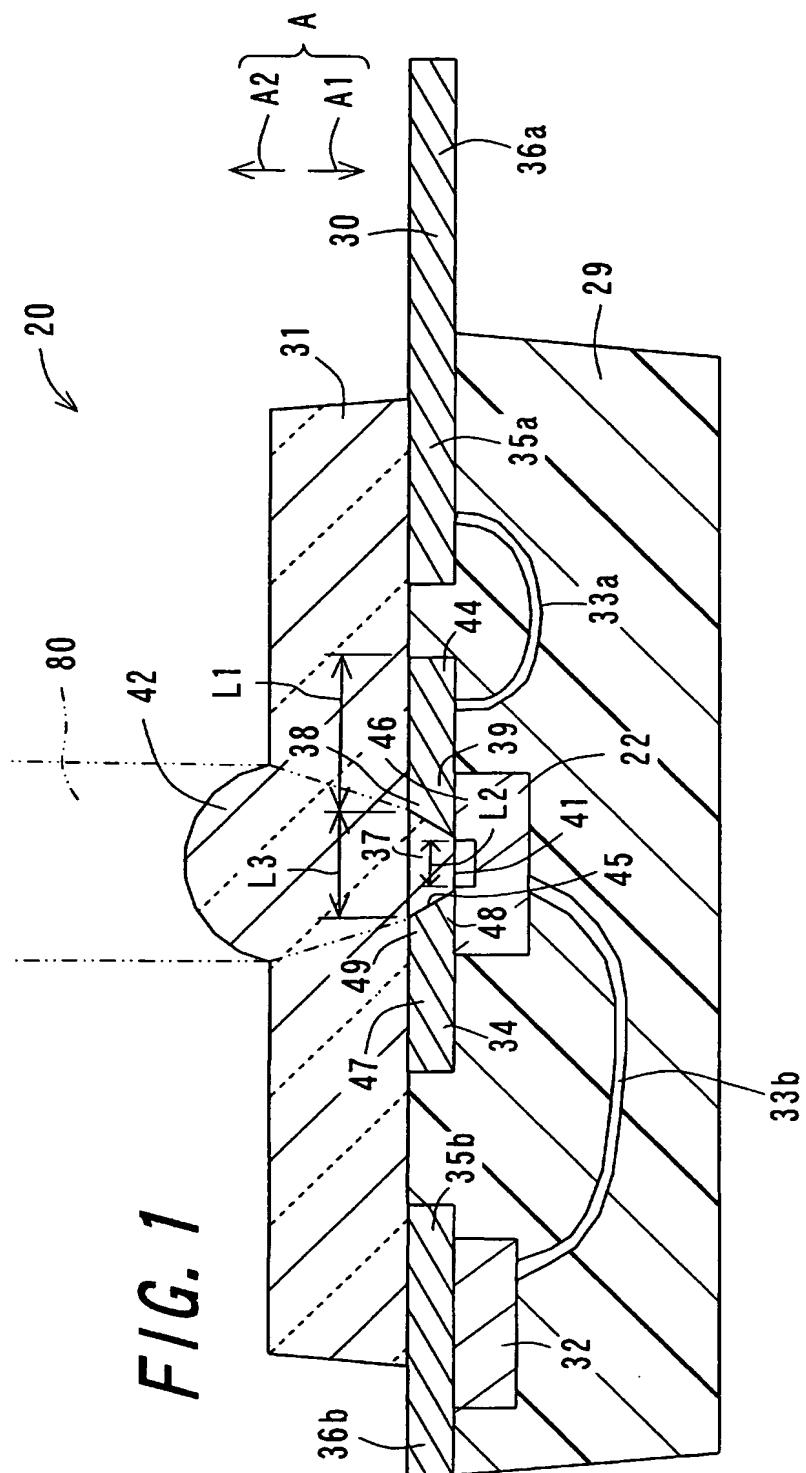
[18] 前記透光部は、光路に沿って延びる開口を形成し、光学面から遠ざかるにつれて内周径が拡径して形成され、その内周面が高い光反射率を有することを特徴とする請求項1～17のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

[19] 前記搭載体に、封止構造体を覆う雰囲気中に露出する露出面が形成されることを特徴とする請求項1～18のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

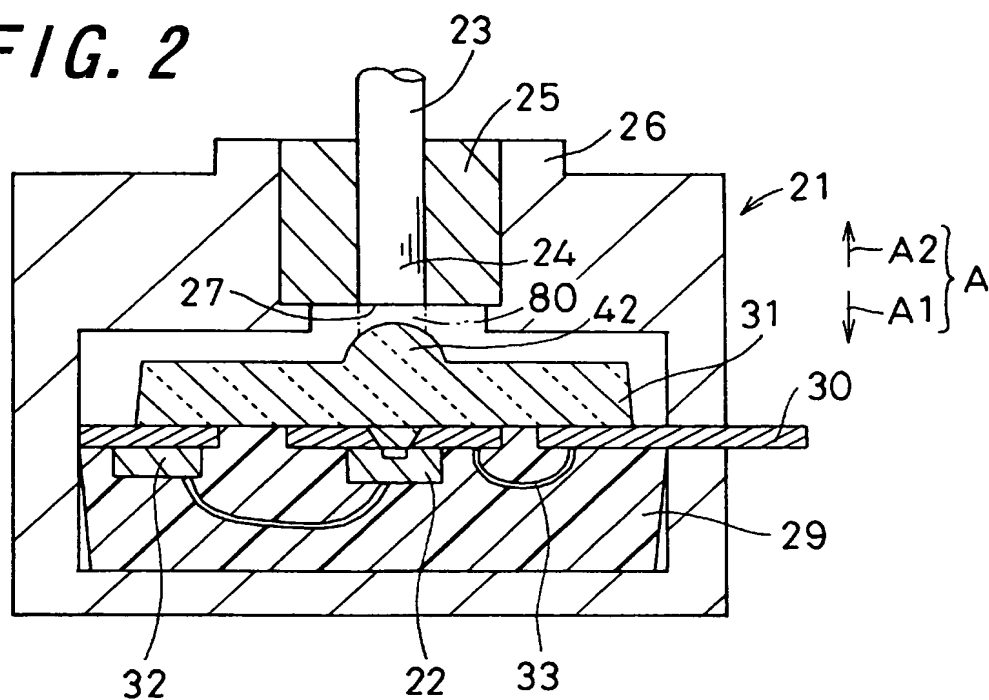
[20] 前記光学素子は、発光ダイオード、半導体レーザおよびフォトダイオードのうちのいずれか1つであることを特徴とする請求項1～19のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体。

- [21] 請求項1〜20のいずれか1つに記載の光学素子の封止構造体を有し、光伝達媒体と光的に結合可能な光結合器。
- [22] 受光または発光する光学面を有する光学素子を、搭載体に搭載し、搭載体に搭載される光学素子をモールド樹脂によって封止する光学素子の封止方法であって、
搭載体に、予め定める光路に沿って進む光が貫通する透光部を形成する透光部形成工程と、
光学面を透光部に臨ませ、光学素子によって透光部の軸線方向一端部を塞いだ状態で、光学素子を搭載体に搭載する光学素子搭載工程と、
光学素子が搭載される搭載体を金型に装着し、金型によって透光部の軸線方向他端部を塞いだ状態で、光学素子の耐環境性を向上する充填材を添加した封止用モールド樹脂を金型内に注入する封止用モールド樹脂成形工程を有することを特徴とする光学素子の封止方法。

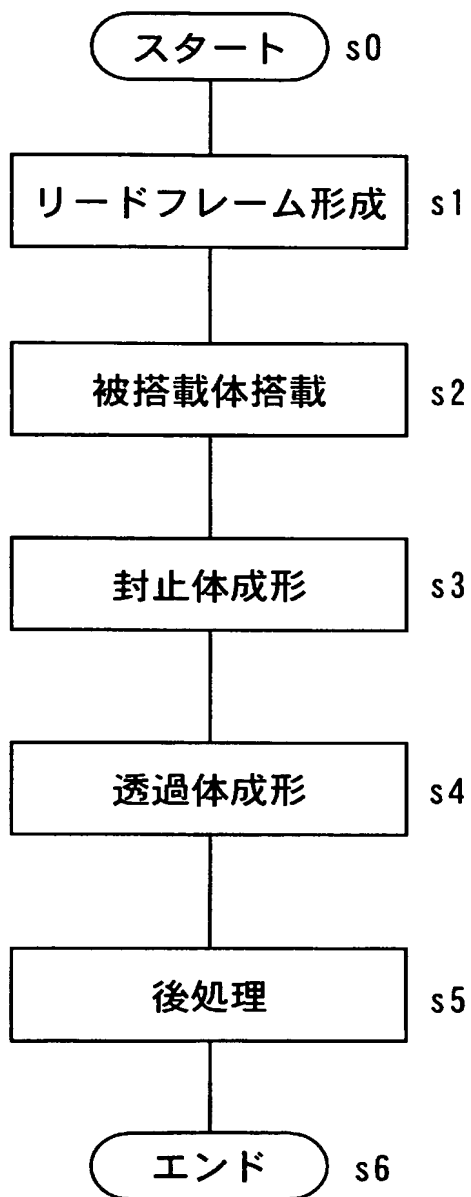
[図1]



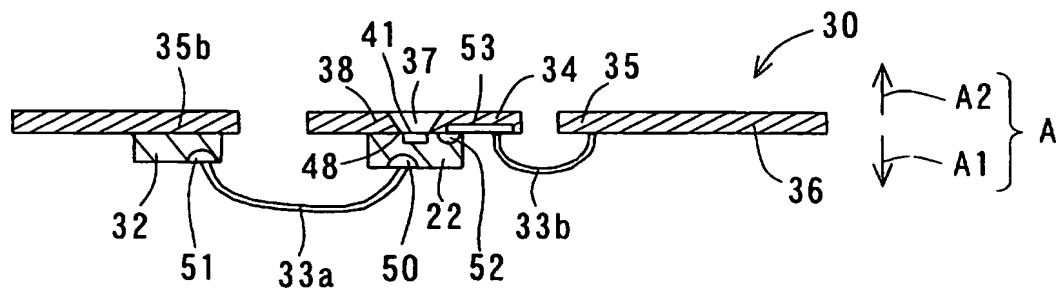
[図2]

FIG. 2

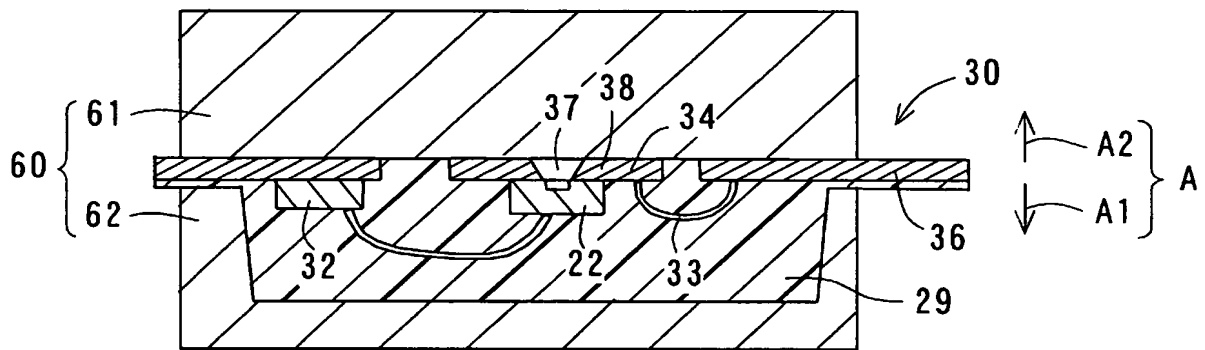
[図3]

FIG. 3

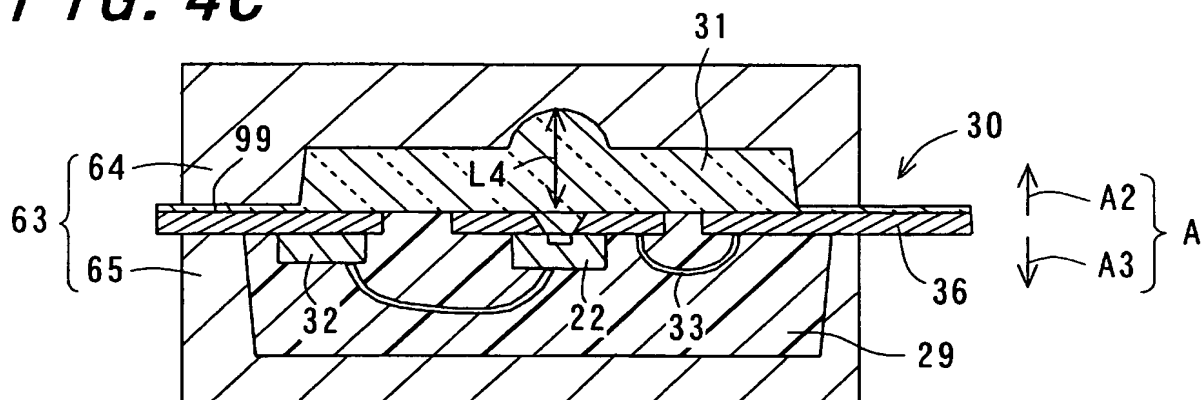
[図4A]

FIG. 4A

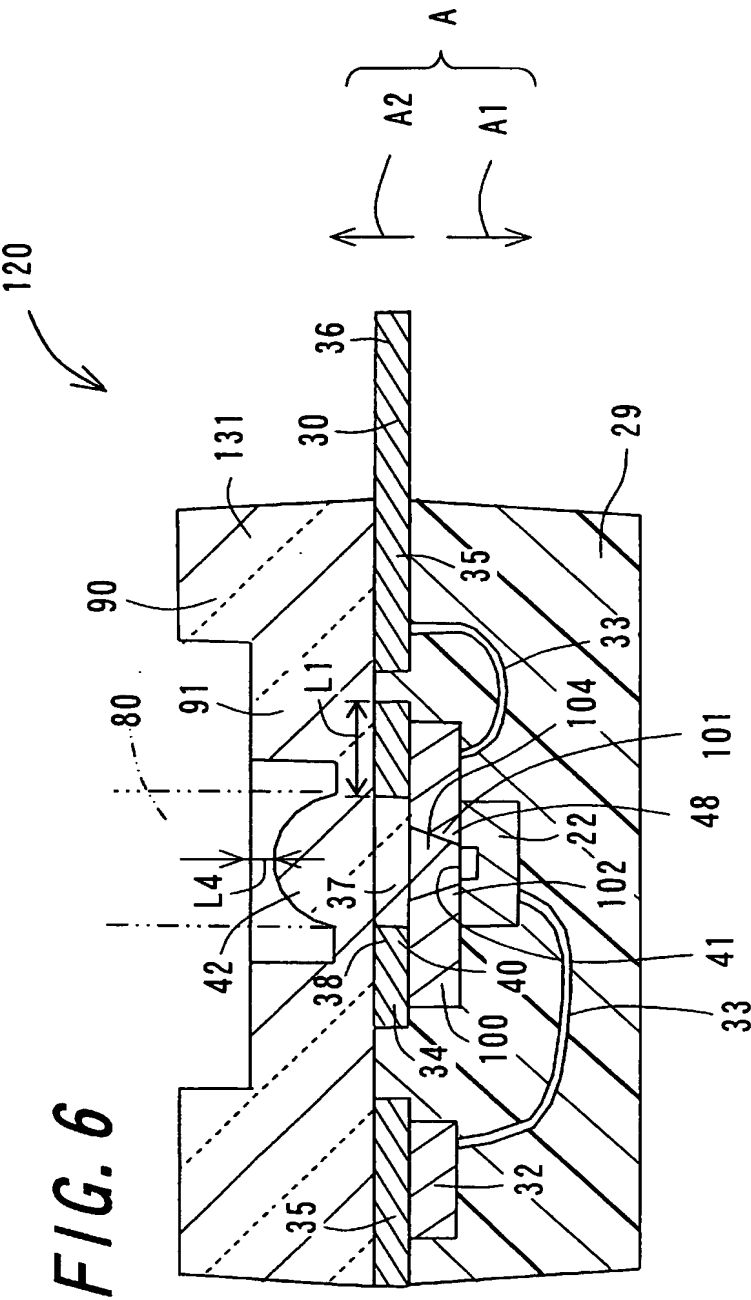
[図4B]

FIG. 4B

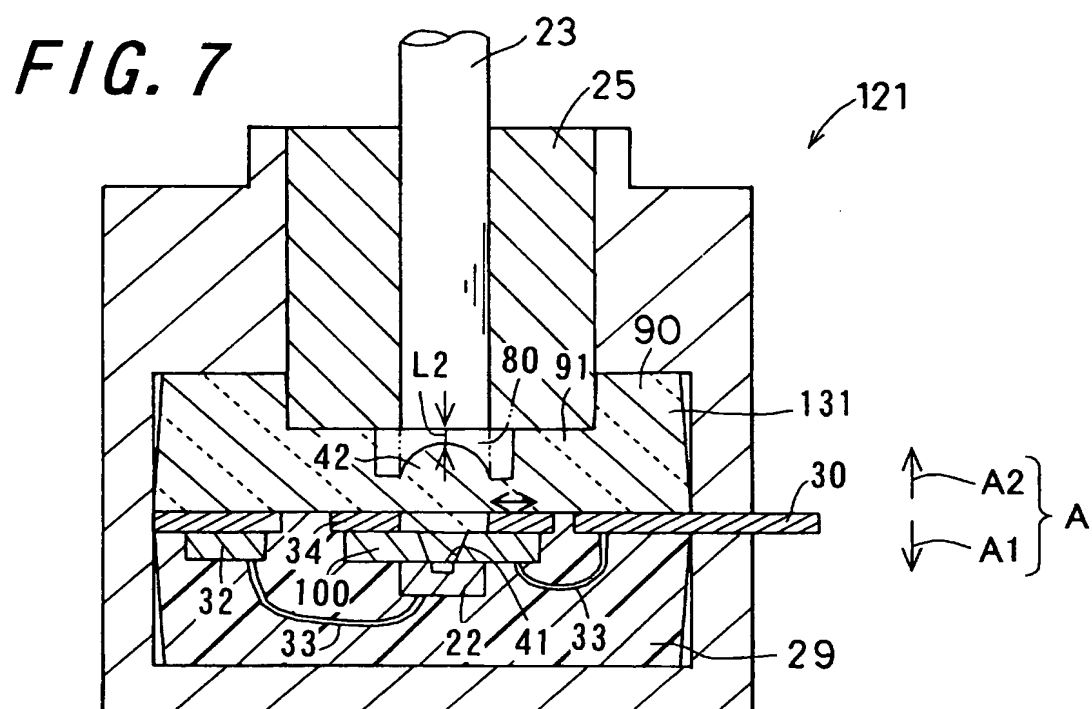
[図4C]

FIG. 4C

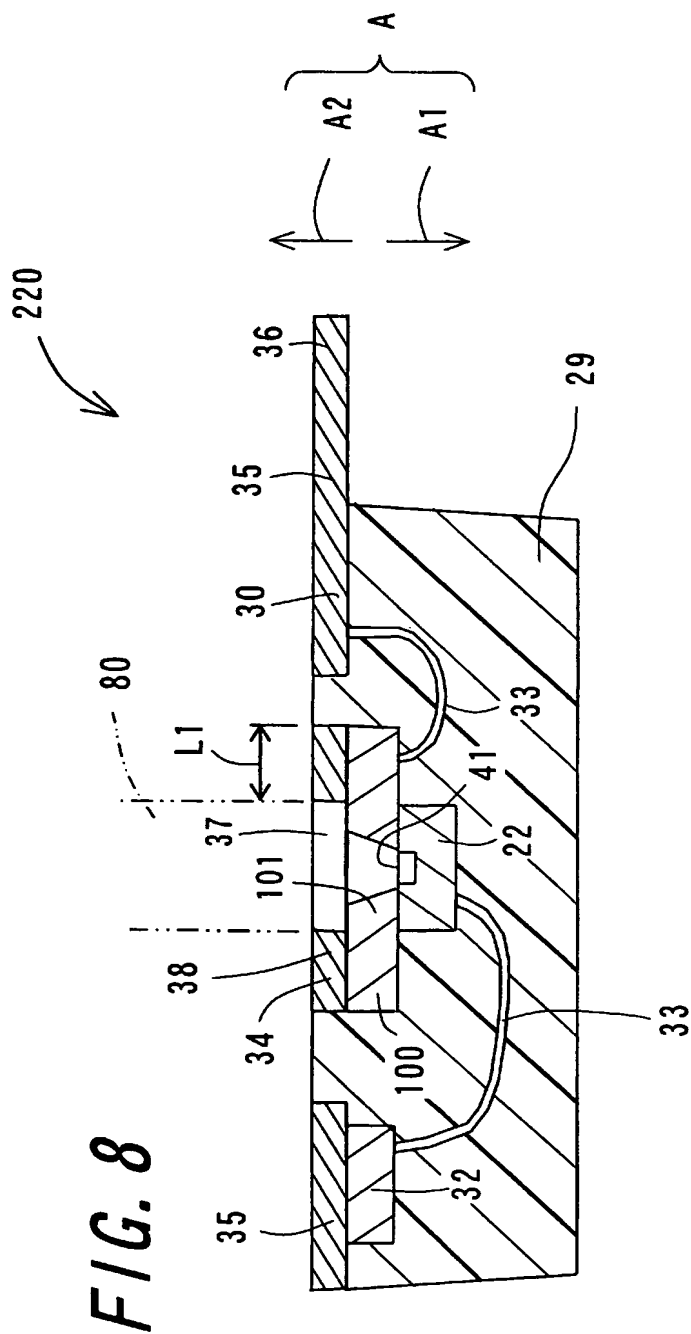
[図6]



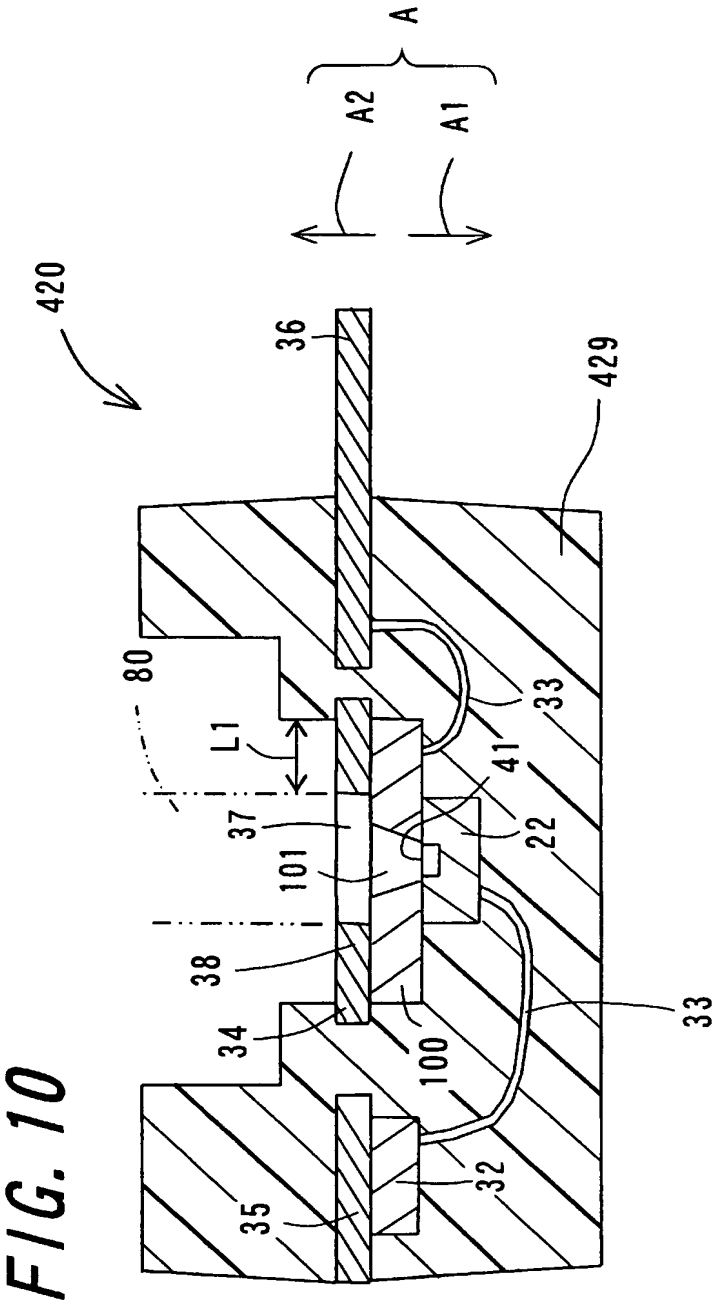
[図7]



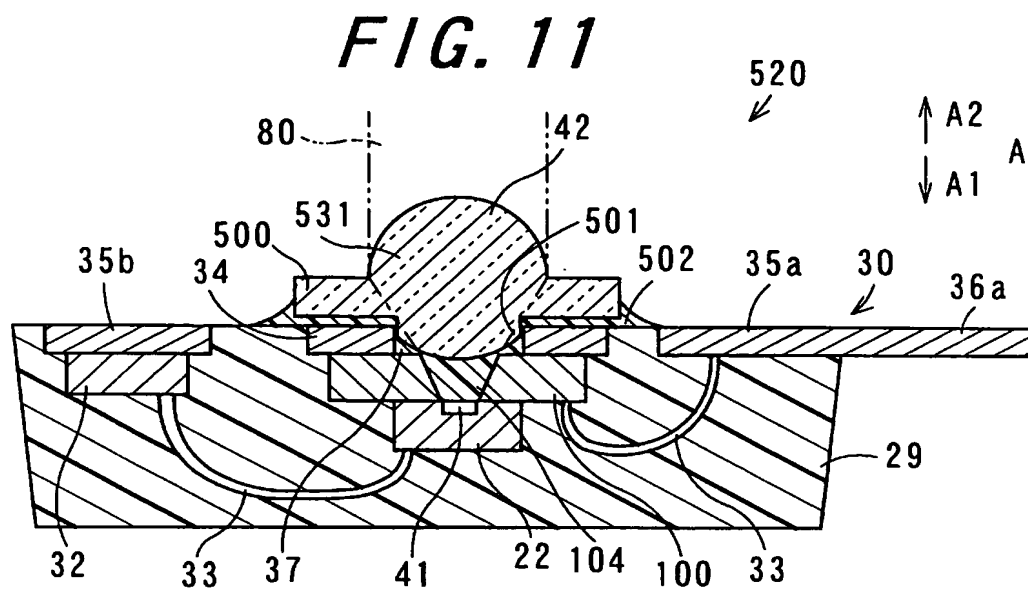
[图8]



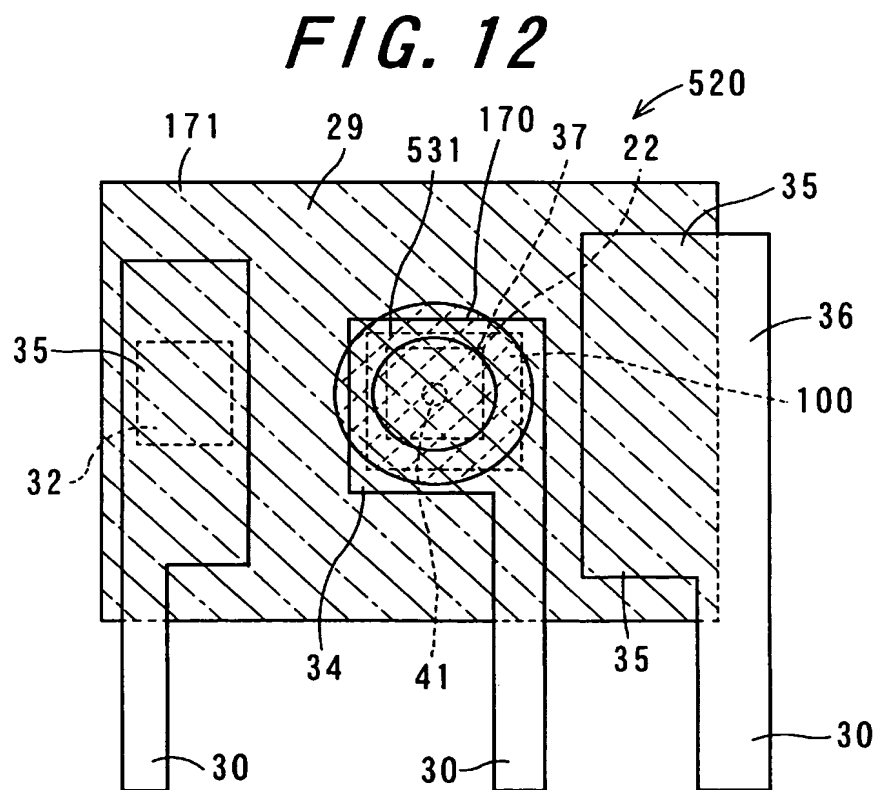
[図10]



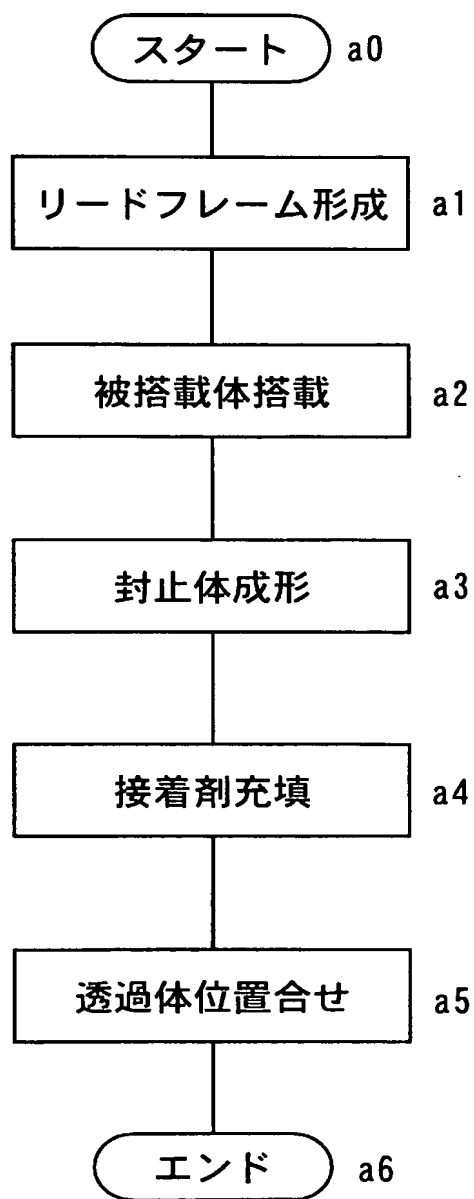
[図11]



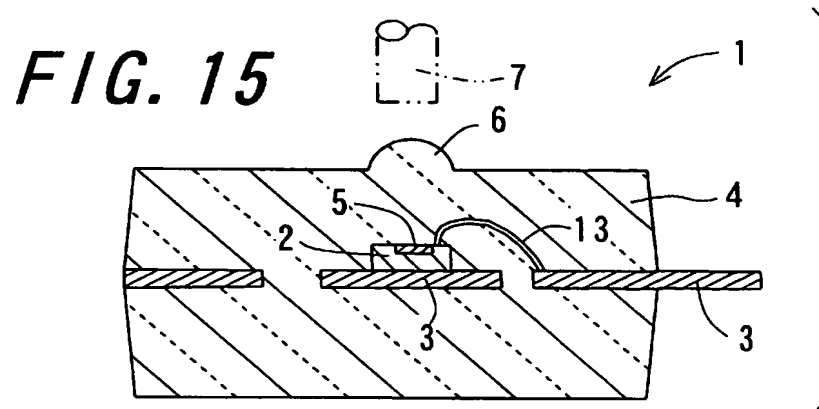
[図12]



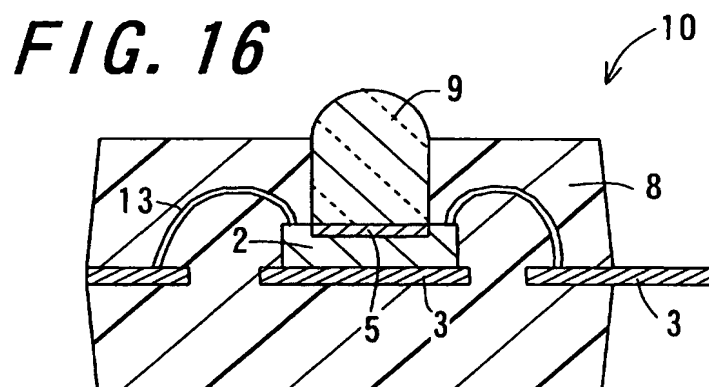
[図13]

FIG. 13

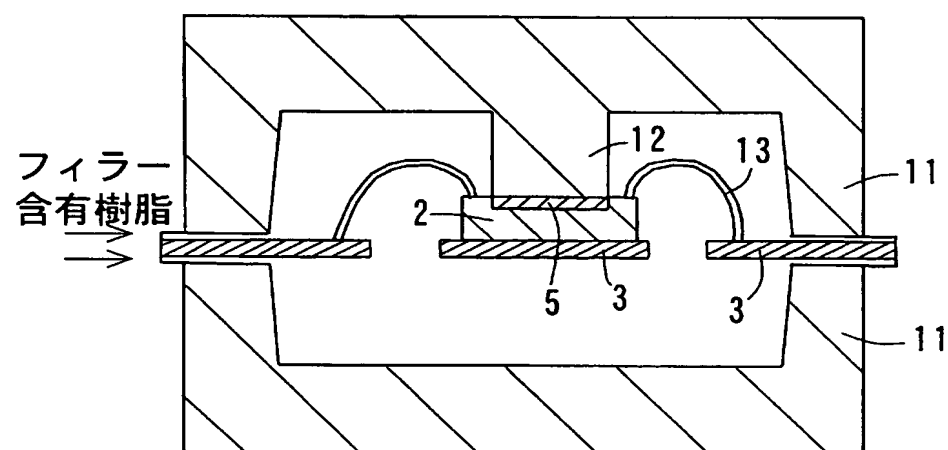
[図15]



[図16]



[図17]

FIG. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L33/00, H01L31/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L33/00:31/00-31/0392; 31/08-31/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6396082 B1 (FUKUSAWA et al.), 28 March, 2002 (28.03.02), Column 3, line 62 to column 5, line 57, column 6, line 66 to column 7, line 11; Figs. 2 to 3	1, 4-8, 14-15, 19-20
Y	& IL 141386 D & TW 477772 B & DE 60007271 D & HK 1039104 A & WO 01/009963 A1 & WO 01/009016 A1 & CA 2339813 A & JP 2001-044516 A & AU 6395000 A & JP 2001-077430 A & EP 1119058 A1 & US 6308818 B1 & JP 2001-506289 A & CN 1108267 B & EP 1124745 A & AT 256620 T	2-3, 9-13, 17-18, 21-22

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 January, 2005 (25.01.05)

Date of mailing of the international search report
15 February, 2005 (15.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016009

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-261109 A (Toshiba Corp.), 24 September, 1999 (24.09.99), Par. Nos. [0064], [0070] to [0071]; Fig. 12	1-2, 4-8, 14-15, 19-20, 22
Y	(Family: none)	3, 9-13, 17-18, 21
Y	JP 11-074424 A (Nitto Denko Corp.), 16 March, 1999 (16.03.99), Par. Nos. [0002] to [0004] (Family: none)	2-3
Y	US 2002/011601 A1 (FURUKAWA et al.), 31 January, 2002 (31.01.02), Par. Nos. [0057], [0132]; Figs. 1, 13 & TW 535303 B & EP 1178544 A2 & JP 2002-050797 A & CN 1336693 A & US 2003/218228 A1	9
Y	US 4995695 A (PINPINELLA et al.), 26 February, 1991 (26.02.91), Column 5, line 13 to column 6, line 51; Fig. 5 & DE 69032033 C & EP 413489 A2 & JP 03-095510 A	10-13, 17-18, 21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L33/00, H01L31/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L33/00; 31/00-31/0392; 31/08-31/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 6396082 B1 (FUKUSAWA et al.) 2002.03.28, Column 3 Line 62 - Column 5 Line 57, Column 6 Line 66 - Column 7 Line 11, Fig. 2 - 3 & IL 141386 D & TW 477772 B & DE 60007271 D & HK 1039104 A & WO 01/009963 A1 & WO 01/009016 A1 & CA 2339813 A & JP 2001-044516 A & AU 6395000 A & JP 2001-077430 A & EP 1119058 A1 & US 6308818 B1 & JP 2001-506289 A & CN 1108267 B & EP 1124745 A & AT 256620 T	1,4-8,14-15, 19-20 2-3,9-13,17- 18,21-22

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」公衆による開示、使用、展示等に関する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.01.2005

国際調査報告の発送日

15.2.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

笹野 秀生

2K

9519

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-261109 A (株式会社東芝) 1999.09.24, 段落0064, 0070-0071及び図12 (ファミリーなし)	1-2, 4-8, 14
Y		-15, 19-20, 22
Y	JP 11-074424 A (日東電工株式会社) 1999.03.16, 段落0002-0004 (ファミリーなし)	3, 9-13, 17-18, 21
Y		2-3
Y	US 2002/011601 A1 (FURUKAWA et al.) 2002.01.31, [0057], [0132], FIG. 1, 13 & TW 535303 B & EP 1178544 A2 & JP 2002-050797 A & CN 1336693 A & US 2003/218228 A1	9
Y		10-13, 17-18, 21
	US 4995695 A (PINPINELLA et al.) 1991.02.26, Column 5 Line 13 - Column 6 Line 51, FIG. 5 & DE 69032033 C & EP 413489 A2 & JP 03-095510 A	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.